Science Council of Canada
Conseil des sciences du Canada

Renewable Energy: Innovation in Action

By
Jeff Passmore
Ray Jackson

Renewable Energy:
Innovation in Action

April, 1984

Produced by
Passmore Associates International, Ottawa, Canada

This occasional paper is made available by the Science Council of Canada, in limited numbers, to interested groups and individuals.

The views expressed in this paper are those of the authors and are not necessarily endorsed by the Science Council of Canada.

Copies of
Renewable Energy: Innovation in Action
are available free of charge from:

The Publications Office,
Science Council of Canada,
100 Metcalfe Street,
Ottawa, Ontario,
K1P 5M1.

Catalogue No. SS21-4/10-1984E
ISBN No. 0-662-13222-X
© Minister of Supply and Services, 1984

Cover:
Part of one of the largest photovoltaic solar power plants in the world – a 350 kW Martin Marietta facility just outside Riyadh, Saudi Arabia.

Table of Contents

	Page
Preamble — Opening the Doors	1
Renewable Energy	3
Photovoltaics	5
Dishes and Troughs	7
Solar Ponds	8
Gel Ponds	9
Solar Hydrogen	10
Solar-Assisted Water Heating	10
Superinsulated Hot Box	11
Windfarming	13
Water Pumping	14
European Wind Power Applications	14
Sail-Assisted Shipping	15
Solar Chimney	16
Biomass	19
Wood Grass	19
Aquatic Biomass	19
Wood Burning	19
Wood Pellets	19
Manure	20
Methane from Landfill	20
Ammonia	20
Proto-oil	21
Methane to Methanol	21
Ethanol from Cellulose	21
Fermentation Ethanol	22
Ethanol from Whey	22
Jerusalem Artichokes	22
Potatoes	23
Ethanol-Powered Flight	23
Small Hydro	25
Vertical Axis Hydro Turbine	25
Packaged Power Turbine	26
Wave Power	26
Ocean Thermal Energy Conversion	26
Lighter-Than-Air Transportation	29
Novel Prism	29
Ice Block Cooling	30
Flywheels	31
Batteries	31
Zeolite	32
Fuel Cells	32
Geothermal Energy	32
Passive Solar	35
Glazing	35
Low Energy Building	35
Heat Exchangers	36
Frontier Heat Pumps	36
Refrigerators	37
Energy Efficiency	37
Acknowledgements	39

A Carter Wind Systems Inc. 25 kW wind generator in Texas

Preamble—Opening The Doors

When planners sit down to address the questions of their trade they look, quite naturally, at what they know. Energy planning is no exception. As a nation's energy strategists gather to review their country's supply and demand situation, the options they consider are generally the ones with which they are most familiar—those they have used in the past. It is difficult to incorporate technologies that are as yet unknown, untried, or unpredictable.

The energy shock that started with the OPEC oil crisis of 1973 has brought forth an unprecedented flood of invention, affecting demand as well as supply. This rapid flux of ideas changes the planning context. Energy planners have drifted into the habit of thinking in terms of large centralized capital-intensive systems with long lead times. Now some of those plans in progress may prove to be obsolete or uneconomic even before they come on stream. Some of the new ideas do not need such long-range planning. Such systems as wind generators, fuel cells, and small scale hydro can be manufactured and installed in a matter of months or a year or two, as compared with the ten years or more needed for a nuclear station or a large hydro development.

The purpose of this monograph is to draw attention to the ferment of innovation and, by reviewing close to 50 ideas, sketch something of the character of the ingenuity that has been unleashed in the renewable energy sector. The purpose therefore is illustrative rather than analytical or technical, and will involve exploring some of the fringe ideas, off the beaten track, as well as those that have already demonstrated promise.

The primary emphasis in the following pages will be on the energy sources called the "renewables", including improvements in end-use efficiency. This does not mean that invention has not been active in the more traditional areas—coal, oil, gas, large hydro, nuclear fission—or in the institutions capable of developments in "big technology". Research continues, after all, on new fuel cycles for nuclear fission reactors, on breeders, and on small self-regulating reactors for heat only. There are plans for massive plants to convert coal, tar sands, and oil shales to useful fuels. There are proposals to use superconducting systems, cooled by liquid helium to near absolute zero temperatures, for generators, transmission lines, and storage. There are proposals for orbiting satellites that collect solar energy on vast photovoltaic panels and transmit the electric power to earth via beams of microwaves. And of course there is fusion, thought of by some as a great white knight that will ultimately solve energy supply problems by being inexhaustible, cheap, clean, and safe.

However, most of the work in these areas has been tied to or grown out of institutions already in place. They are probably already well enough known and promoted. What seem less well known are many of the "renewables", even though some of them, barely conceived five years ago, are finding rapidly expanding markets.

Many of these new ideas may come to nought, and the consensus of established energy planners may be quite right to ignore them. Consensus is no guarantee of truth, however. Sometimes it is simply a device for mutual support or hand-holding in areas where knowledge is lacking or prediction difficult. Whole platoons of experts can march off together toward the same mistaken conclusion. Remember that Britain decided in 1912 to abandon all work on heavier-than-air flight, redeploying resources instead into balloons!

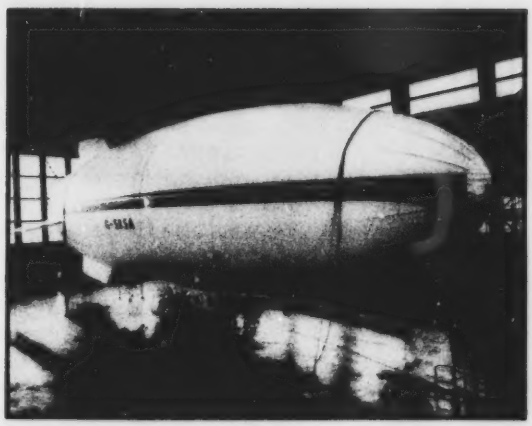
Witness also the recent historical example in biotechnology, when experienced engineers swore the net energy balance of alcohol fuel was negative and that there was nothing new to be learned about fermentation. It has become obvious since then that new process efficiencies and new breeds of microbes simply were not in the engineers' equations.

In the long run, the renewable or long-term

sustainable approach is the best policy. But there are probably limits to how large those systems ought to be. That is why we have included a section on energy efficiency. Without improving the demand situation by improving the efficiency with which energy is used, numerous and large-scale renewable installations such as biomass plantations could have environmental and social impacts as bad as any of those associated with conventional fuels.

If Canada's current energy system is to be radically different 30 to 60 years from now—that is, independent of non-renewable fossil fuels—then we must undergo a shift in the way we think about energy. We cannot afford to close our minds to what seems like novelty. We cannot afford to sink all our resources into one or two options that may turn out to be white elephants. The lack of attention to renewable energy may be leaving a considerable and potentially dangerous gap between what is thought to be happening and what is actually going on.

Note: The ferment of ideas is active enough that it is not easy to keep a publication like this up to date. It can only be a snapshot at a given moment, and we apologize in advance for innovations even more intriguing that may have been overlooked or that turn up the day after this goes to press.



Airships

Fuel alcohol

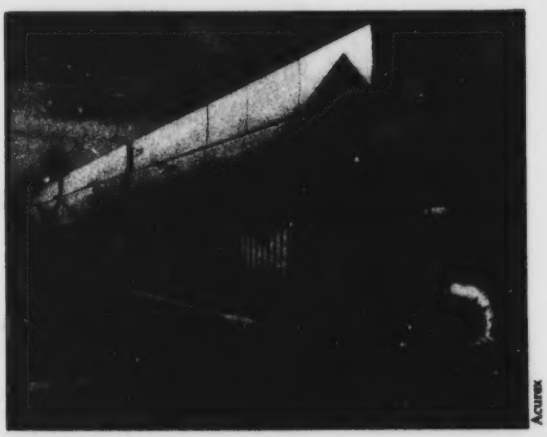
Renewable Energy

All renewable energy originates from the sun and reaches the earth in the form of solar radiation. Indeed the sun—often referred to as a nuclear power plant—generates power at the phenomenal rate of 3.8×10^{23} kW. An extremely small fraction of this energy—1.1×10^{14} kW—penetrates the earth's atmosphere to reach its surface. Some of this energy is stored in plant material, some creates air currents, some gives rise to flowing water. As well, immediate use may be made of this energy by harnessing the sun's rays and converting them directly into heat or electricity.

Most of this energy is available at varying intensity for only a few hours each day and thus must be used immediately or stored. But there is more than sufficient energy coming directly from the sun to meet the world's current and future energy needs. It is estimated that at present, only one to two thousandths of incident sun energy is used. Yet if we could harness only 10 percent of the incident sunlight falling on a plot of land 160 by 160 kilometers, we could provide the same amount of electrical power as the present generating capacity of the United States (5×10^8 kW). The obstacles to this goal have been chiefly problems of storage and cost. But energy innovators, faced with such difficulties, have responded to the challenge with skill and originality. Many of their efforts are presented here.

Queen's Univ., Belfast

Wave energy



Acurex

Solar troughs

Photovoltaic-powered radio repeater station

Photovoltaics

Space technology has made us all familiar with the photovoltaic panel—that wonderfully durable, easy-to-use piece of hardware that when exposed to sunlight, generates electricity directly. Who would have imagined that what sold for US$500 per peak watt in 1970, would fall to $10 per peak watt in 1983 and find itself in use not only on Canadian Coast Guard signal buoys and obscure radio transmitter applications on French mountain tops; but also on the rooftops of thousands of American homes.

Photovoltaic House

The world's first photovoltaic powered house was built in Phoenix, Arizona in 1980. By 1982, thousands of photovoltaic homes were operating in the United States, some of which put their owners in the enviable position of being net electricity producers. Most of these homes are in remote parts of California where the state energy commission expects photovoltaics to supply 11 per cent of California's peak electricity demand by the year 2000. Aware of the need to make photovoltaics easier for builders and homeowners to use, General Electric is developing photovoltaic shingles which would cost little more than conventional shingles with the added advantage of generating electricity.

Photovoltaic Factory

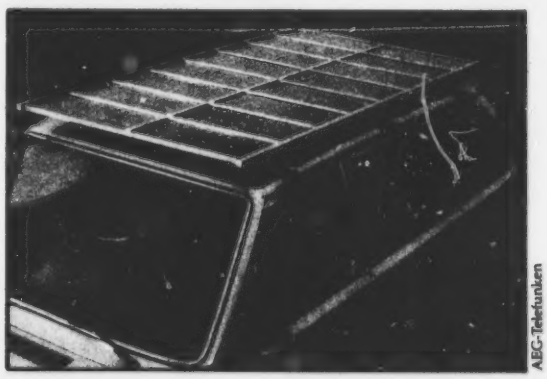
The first electrically self-sufficient factory opened in October 1982, in Maryland, where the roof of the 2,400-square metre Solarex Corporation manufacturing facility is covered with the company's own semi-crystalline and polycrystalline silicon panels. The 200-kW array supplies all the electricity for the plant. Solarex hopes to market the unique self-sufficiency concept to other manufacturing plants. A backup generator provides power should demand exceed the rooftop supply and its battery storage. The building was wired to use DC wherever possible to reduce the losses associated with conversion to AC.

Photovoltaic Autos

The West German firms of AEG Telefunken and Volkswagen are exploring car-top photovoltaic power systems. A 160-watt prototype array mounted on a VW stationwagon charges the car's battery, saving fuel otherwise consumed by the alternator.

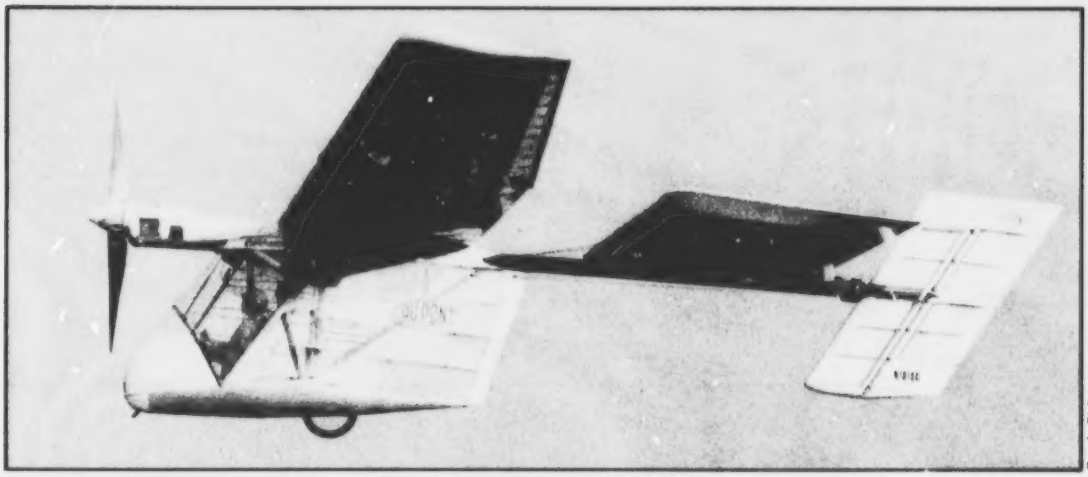
Current car models require about 250 watts for an average of 300 hours each year. That represents 75 litres, or five per cent of a car's fuel needs based on an annual mileage of 15,000 kilometres. With the new electronic vehicles being introduced by General Motors and other North American and European manufacturers, the economic turning point for car-top photovoltaics could be closer than we realize.

Meanwhile, during the summer of 1983, a photovoltaic-powered vehicle built in the United States made a 4,000-kilometre, 18-day crossing of North America. The vehicle, which weighed less than 500 kilograms and cost less



AEG-Telefunken

Car-top photovoltaics



Randa Bishop

The "Solar Challenger", powered by 16,000 photovoltaic cells, in full flight

than US$15,000, was driven directly by the photovoltaic panels, without the use of a storage system. The next step is a photovoltaic vehicle cross-continent race in which the Australians and the Americans will compete.

Photovoltaic Flight

Even more amazing, and perhaps exotic, was the July 1981, 368-kilometre solar-powered flight across the English Channel from France to England. Travelling at a speed of 50 km/h and an altitude of 3,350 metres, the plane's two electric motors were powered exclusively by photovoltaic cells. The pilot used a watt-meter reading to adjust the pitch of the propeller for maximum power conversion.

Photovoltaic-powered service station

Photovoltaic Calculators

Of considerable significance is the "take-off" in the photovoltaic calculator market. What was originally introduced as a gimmick by the Japanese has turned into a booming business. Twenty-five million calculators were produced in 1982 generating US$10 million in profit for the Japanese photovoltaic industry.

Photovoltaic Service Station

Also in Japan, an affiliate of the Mobil Oil Company has recently opened the nation's first photovoltaic service station. One hundred and twenty-eight silicon ribbon solar cell modules mounted near the rear of the station provide an estimated 10 kWh of electricity per day. The energy is used to power seven gas pumps and some additional lighting, or approximately 30 per cent of the station's energy requirement.

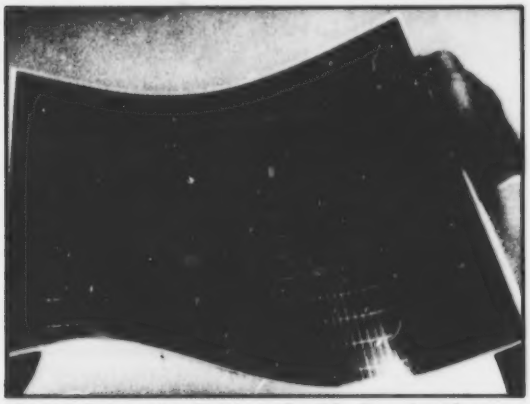
The Real Contribution of Photovoltaics

But while photovoltaic cars, aircraft and calculators are amusing and prove a point, they are inconsequential compared to the real energy contribution photovoltaics could make given decreasing costs and increasing efficiencies. New processes may make possible the creation of a PV cell with an attainable efficiency of 25 per cent as compared to the 12 per cent of current conventional silicon cells.

Currently the world's largest photovoltaic installation is at Hesperia in southern California. Its peak power is one megawatt. Arco Solar, its owner, began work in November 1983 on an installation which is scheduled to deliver 16 MW by late 1984.

Indeed, technical developments in

photovoltaics are moving faster than can actually be recorded. A revolution of sorts is upon us and we need to start figuring how best to integrate these systems into our current planning for electricity supply options. It is likely that several photovoltaic processes already in advanced stages of commercial development—silicon web or ribbon, coarse polycrystalline, and amorphous silicon—will help achieve the U.S. Department of Energy's 1986 price goal of 70 cents per peak watt. This could result in a complete system installation price of somewhere in the neighbourhood of



Energy Conversion Device's flexible Ovonic solar ribbon

Cdn$3 per peak watt—prices comparable with or lower than those of newly ordered central power systems.

As of September 1983, there were 1,500 confirmed photovoltaic installations in Canada—400 of which are operated by the Canadian Coast Guard for navigational aids. It is estimated there are an additional 500 systems that have not been reported in national monitoring efforts.

What is believed to be the world's most northerly photovoltaic installation is situated at 78° north latitude, not far from the magnetic north pole. The single, 32-watt Solarex panel is used to power an automatic weather station that monitors temperatures and wind speed and direction on the Malloch Dome. The panel was installed during the summer of 1983 and has two lead acid batteries that provide sufficient storage to enable the system to function on a year-round basis. The installation was completed by Wellsdale Research Ltd., an Alberta firm that has developed an expertise in far northern installations.

Dishes and Troughs

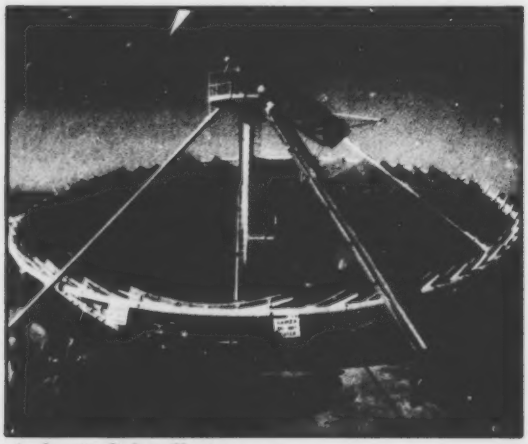
Flat-plate collectors were the earliest form of solar heat trap. Over the last three years, however, innovations in solar collector design and selective surface material have produced concentrated parabolic troughs, automatic tracking mechanisms and point focusing dish collectors. One new item produced by Power Kinetics Corporation of Troy, New York, is an 80-square metre parabolic mirror dish that sells for US$37,000 and has a peak output of 59 kW with a measured efficiency of 74 to 79 per cent. It can achieve temperatures of 800°C and is

Honeywell

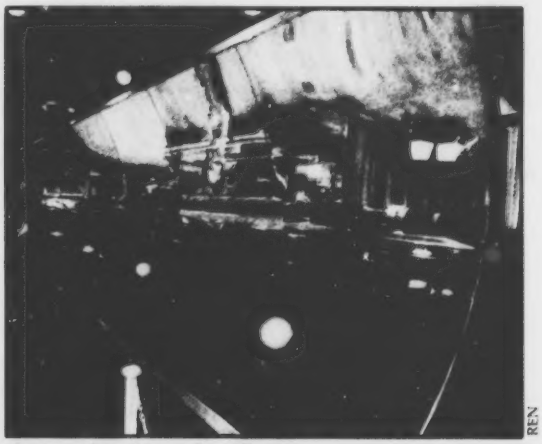
Honeywell's 252 parabolic collector system in Minneapolis

competitive with most fuels in many remote parts of the United States.

Although such large dish concentrators can reach intensities equal to 1,000 suns, it is more common to achieve very high temperatures by focusing sunlight on a central receiver from a large field of tracking mirrors called heliostats. In Japan, France and Spain, such heliostats operate megawatt-range solar power plants. Southern California Edison is proposing to build a 100-MW solar unit by 1988 to generate electricity.



A classic dish collector



Conventional trough collector

REN

Some effective competition for such high-tech systems—particularly in the high-temperature, direct process heat areas—may be introduced by innovative tinkerers. Doug Wood, a Washington State resident, built his own 40-kW dish concentrator out of pipe and cheap sections of mirrored glass. The dish has won international and domestic acclaim because independent testing has shown it to be cost effective in specific cases of fossil fuel displacement. Currently the product is being improved and should be commercialized by the autumn of 1984.

In another venture, employing collectors in the form of six-metre-long parabolic troughs, special heat-absorbing oil is sent through a thin, coated, steel tube located at the point of focus. The hot oil (up to 300°C) is pumped through a heat exchanger that quickly turns water into steam. The steam can be used directly or it can drive turbines to generate electricity. Though judged by some to be 20 per cent more efficient than its competitors, the system is in many ways similar to other parabolic reflectors developed over the past few years. However, though trough technology is already a few years old, general application is just beginning.

Luz International, a company headquartered in both California and Israel, and Cogeneration National Corporation of California have recently established a joint venture and contracted to provide Southern California Edison with 14.7 MW of electricity from the parabolic collector system described above. This is enough wattage to supply the electricity needs of an estimated 13,600 typical homes and represents one of the largest solar power purchase contracts ever signed to date. Over time, the trough system could gradually grow to 49 MW depending on how well the first units perform. Initial on-line delivery is scheduled for December 1984.

Though initial thinking in the area of dishes and troughs was based on the notion of ideal optics, requiring exact focus, such perfection necessitated the evolution of tracking mechanisms to follow the movement of the sun. The innovative development with the Luz system, however, was based on the decision that if optics were re-designed for a more tolerant focus, the notion of tracking and all the inherent difficulties associated with moving parts could be done away with. Broader focus optics still enable dishes and troughs to collect adequate heat concentration for many of the purposes for which they are intended.

Solar Ponds

One of the most rapidly developing solar technologies during the early 1980s has been the solar salt pond—a passive solar device for supplying heat year round, day and night. This dark-bottomed plastic-lined hole in the ground filled with salt water will, according to Israeli planners, meet 20 per cent of that country's energy needs by the year 2000.

Both direct and diffuse solar radiation heat up the bottom of the pond making the water there hotter than the various layers above. This hotter water dissolves more of the salt, becomes more dense and thereby suppresses

convective heat transfer to the surface. The layer of fresh water on the top acts as the transparent insulator. The temperature rise at the bottom of the pond is gradual. But over a period of four to six months, it can reach the boiling point. Nets and vertical stabilizers can further reduce convection and minimize salt mixing as a result of winds. The large thermal mass of the pond provides built-in heat storage for night-time and off-season use. In the event of a power failure or other crisis, ponds would have recoverable heat energy available for weeks or months.

A well-constructed pond converts 20 to 30 per cent of the total solar radiation into usable heat through the use of a simple heat exchanger employing pipes near the pool's bottom. In fact, with a low temperature turbogenerator, thermal energy at temperatures as low as 70°C can be converted into electricity. Seven solar ponds have been installed in Israel. In Ein Bokek near the Dead Sea, a 7,500-square metre pond produces 35 kW continuously, or a peak of 150 kW. An even larger pond, 250,000 square metres, was scheduled to begin producing 5 MW of electricity in September, 1983.

Solar ponds are feasible not only in desert climates. A 0.2-hectare pond operated by the city of Miamisburg, Ohio, has performed successfully since 1978. Even with ice on the surface, the bottom temperature in February has been as high as 28°C. The total cost—mostly for 1,100 tonnes of salt and the liner—was US$34.50 per square metre. Maintenance costs are minimal. The delivered heat price is equivalent to electricity costing as little as 3.1 cents per kWh.

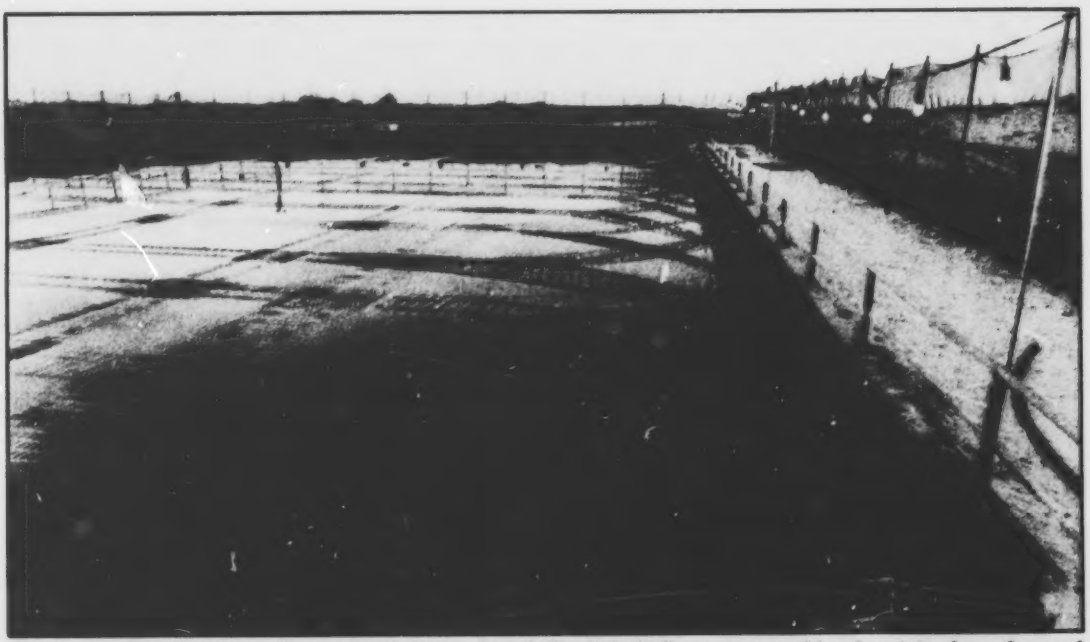
There are other pond projects in cloudy northern climates, including some to provide district heating, and further research is being conducted by CalTech Jet Propulsion Laboratory, Los Alamos National Laboratory, California Energy Commission and Southern California Edison Company.

Heery Energy Consultants Inc. of Atlanta, Georgia, would like to build what could become the largest salt gradient solar pond in the U.S. The company has designed a 0.4-hectare, 3.4-metre-deep pond that would provide heat for the storage of chemicals used by local producers of chewing gum, soft drinks, cleaning solvents and other industries. Heery is currently trying to interest the Georgia Power Company in proceeding with the project with the support of private sector financing. The pond, when built, will generate temperatures ranging from 38°C to 93°C and will have a gas boiler back-up.

Gel Ponds

A version of the solar pond which lacks some of the inherent problems of salt storage, surface evaporation, and mixing due to bottom-layer boiling, is the solar gel pond.

Recently developed at the University of New Mexico, Albuquerque, the gel pond consists of only two layers or zones. The bottom convective zone is homogeneous, nearly saturated saline. The top nonconvective zone



A solar pond at the pilot solar station in Yavne, Israel. The light bulbs are powered by electricity from the pond.

consists of an extremely viscous, sometimes solid, optically transparent polymer gel which is less dense than the saline. While allowing the passage of solar radiation, the top layer acts as insulation and traps the heat in the saline. Unlike conventional solar ponds, it prevents dirt from entering, thereby controlling opacity. Stratification loss due to mixing is no longer possible and no external saline processing is necessary to maintain the salt gradient. A few centimetres of fresh water circulate over the top of the gel to prevent drying and to flush off surface debris.

The polymer gel must be highly transparent to solar radiation, stable under ultraviolet light, and nonbiodegradable and nontoxic in the operating range. Such a low-cost, readily available polymer has been in use in a gel pond in New Mexico since August, 1981. So far, it has shown itself to be approximately twice as efficient per unit area of salt pond as a collector of solar radiation. An industrial gel pond of 70 square metres is being tested near Las Cruces, New Mexico.

Much remains to be discovered about both solar and gel ponds. But their great advantage is that as renewable energy systems, they can respond to the specific needs of particular local situations. On certain sites, under appropriate circumstances, their potential for heat and electric power generation could be enormous.

Solar Hydrogen

Over the past two or three years, there has been a lot of talk about the "hydrogen economy". Though hydrogen is not an energy source (energy has to be expended to produce it), it is a highly desirable energy currency or carrier. It can be produced from a wide variety of sources such as water, coal, and natural gas, it can be efficiently applied to a broad range of end uses, and it is clean burning—the only by-product is water, not carbon dioxide.

The electrolysis of water is usually considered to be the best way to produce hydrogen. The province of Ontario has virtually decided it will produce hydrogen from dedicated nuclear energy. However, experience with commercial electrolysis plants generating hydrogen for ammonia production has shown the process to be relatively expensive.

Hydrogen can also be produced by the partial oxidation of hydrocarbons. The process involves heating a mixture of water and natural gas or crude oil to release hydrogen. This is known as the water-gas reaction. This method has the disadvantage of employing fossil fuels. Little thought or effort has gone into learning about renewable ways of generating hydrogen. However, such processes may turn out to be cleaner and much more efficient than current methods.

At least two other methods of deriving hydrogen from solar energy are under way. A University of California research team in Berkeley has constructed electrodes from iron oxide and other inexpensive materials which, when immersed in a water/sodium sulfate solution and exposed to sunlight, split water into hydrogen and oxygen. At the same time, a Texas A & M Hydrogen Research Center team is using photovoltaics to extract hydrogen from water at what they claim is a cost of $1 for the energy equivalent of four litres of gasoline.

Whereas previous work in the field has relied on costly components such as platinum and ultraviolet light sources, the charm of the Berkeley discovery lies in the use of cheap and abundant materials and visible light to split water. When sunlight reaches the iron oxide electrodes, one positively charged with traces of magnesium and the other negatively charged with silicon, an electron flow is created. Hydrogen gas is formed when aqueous hydrogen ions pick up the circulating electrons. Hydrogen gas can substitute for natural gas or be liquefied to make a clean-burning, highly volatile fuel for internal combustion engines.

Meanwhile at Texas A & M, conversion efficiencies of 13 per cent have been achieved using single-crystal silicon photovoltaic cells immersed in a water and sulphuric acid solution. While work at Berkeley may point to significant long-term opportunities for hydrogen from cheap solar sources, the Texas A & M team is hoping their approach will bring broad-based commercial applications by 1990.

Solar-Assisted Water Heating in Commercial/Industrial Sectors

When the 1982-83 Canada-Ontario Conservation and Renewable Energy Demonstration Project asked for requests for solar water heating proposals in May 1982, criteria for acceptance included a maximum installation price of $700 per square metre and $500 per annual gigajoule capacity. There was no expectation, then, that of the 26 projects selected, installation costs would average $520 per square metre and systems would average $188 per gigajoule per year. As of late 1983, government criteria demand an installation price less than $200 per annual gigajoule and some systems have recently been quoted close to $90 per annual gigajoule. It has come as a bit of a surprise to those who thought solar energy was not competitive since, once under $200 per annual gigajoule, life-cycle cost effectiveness is comparable to other fuels. One of the most cost-

effective projects, a Feversham, Ontario, fish hatchery, uses flat-plate panels to produce hot water for $94 per annual gigajoule.

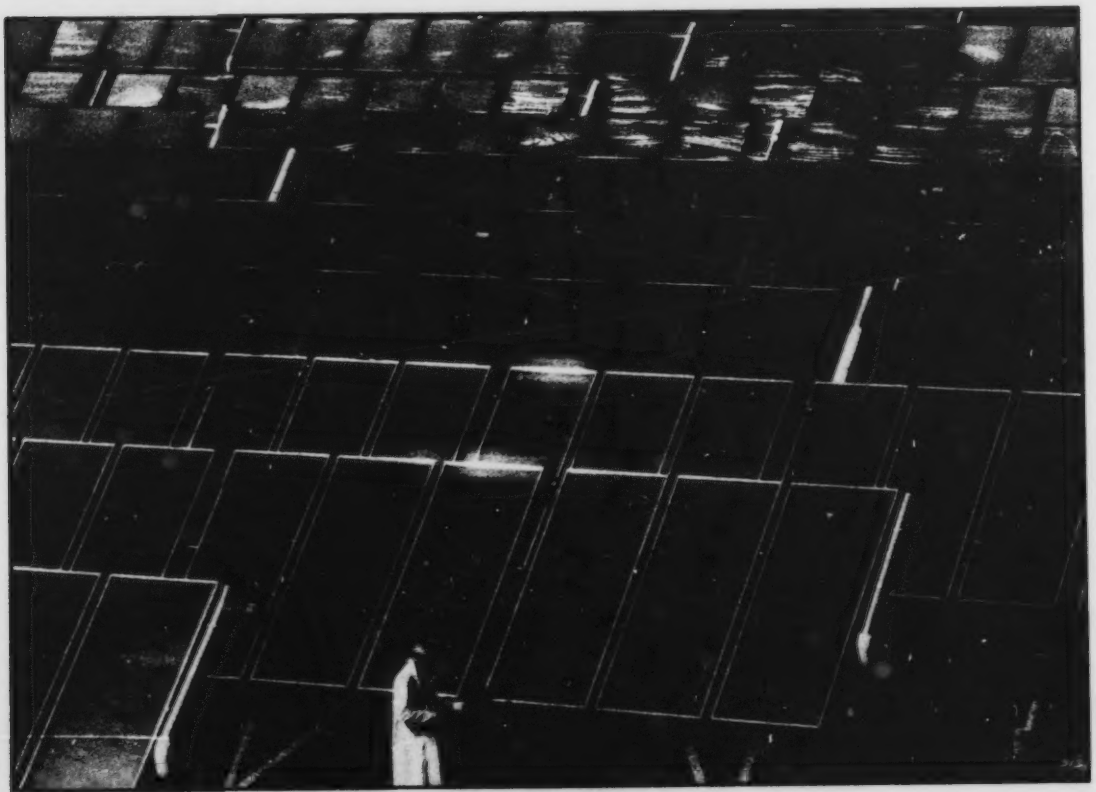
Another innovative Canada-Ontario project is in Hamilton, Ontario, at the Mohawk Hospital Services Inc. laundry facility. The 2,011-square metre solar energy system is the largest in Canada and one of the largest in the world. Completed for $1.3 million, the system will provide 15 per cent of the energy needed at the laundry for heating water and save the equivalent of 1,270 barrels of oil a year. A 15-year payback is assumed.

The installation is innovative because it marks the first time a solar energy project of this kind has eliminated the need for costly water storage systems. As a result, it is one of the most cost-effective solar energy projects in Canada today. A water storage system is not needed because the laundry operates during daylight hours, 10 hours a day, 363 days a year. Approximately 585,000 litres of laundry water are preheated each day, reducing Mohawk's steam demand and resulting in $35,000 to $40,000 savings in the first year alone. Low-cost materials and methods for ground mounting proved a cost effective alternative to roof mounting, where problems of extra weight would have required substantial renovations to the existing facility.

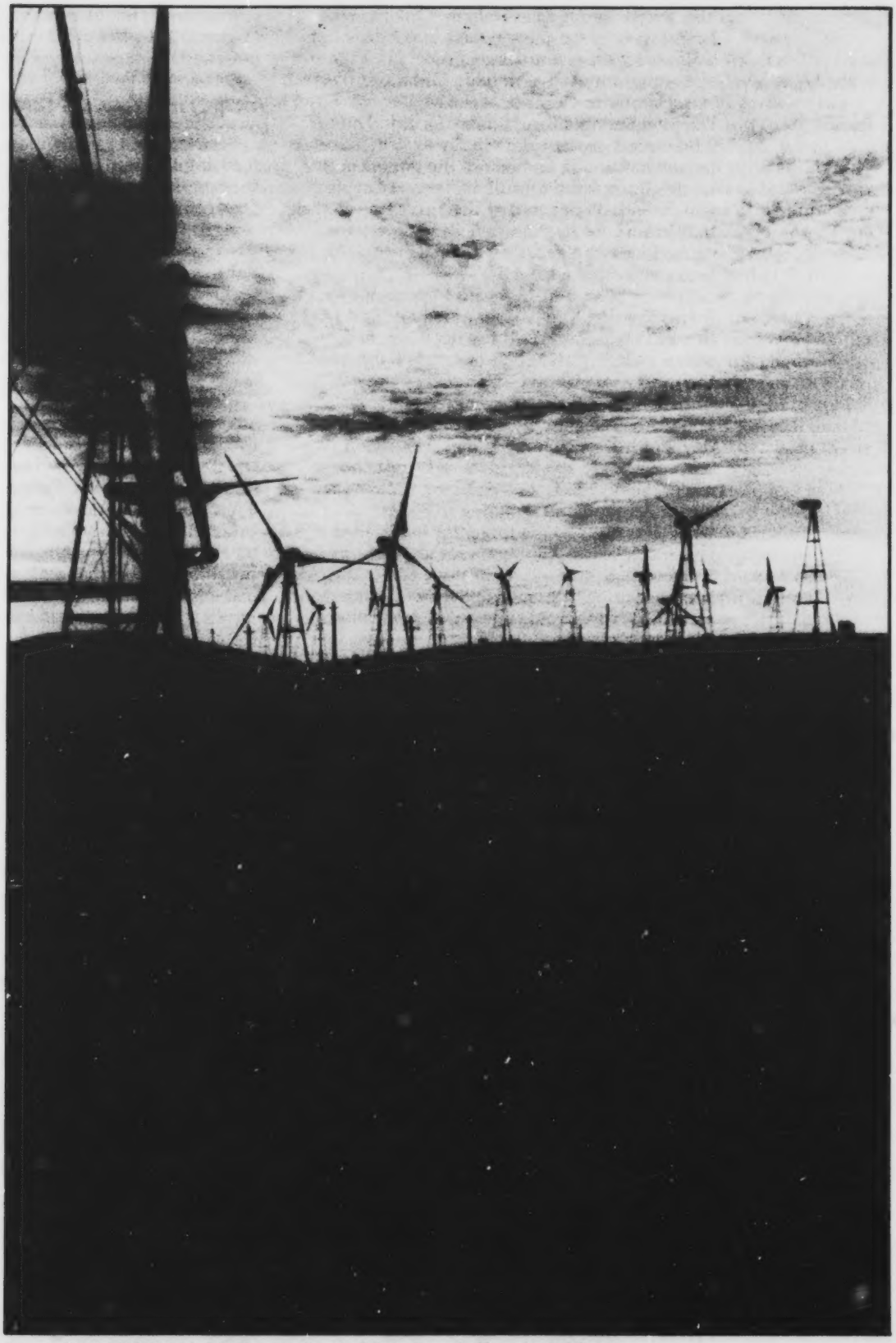
To date approximately 75,000 square metres of glazed flat-plate collector have been installed in Canada.

Superinsulated Hot Box

Solar cookers usually require a method of focusing sunlight on a central point. Now, Ryerson Polytechnical Institute in Toronto, Ontario, is developing a cooker that is designed to keep the heat in, rather than focus sunlight. Simply by using insulation and air tightness to keep heat inside the oven, temperatures of 150 - 200°C can be achieved. About the size of a suitcase, one unit uses regular glass, black oven paint and two inches of polyurethane insulation. If a selective surface were used, an additional 10 to 20°C could be achieved. Its producers say its great advantage over focusing cookers is that it avoids the problem of having to redirect the oven as the sun moves. The insulated box is less sensitive to such fluctuations. Ryerson says a few manufacturers have shown interest in the product which they feel would be ideal for use by North American campers. Brace Research Institute in Montreal is also conducting investigations into the insulated solar cook box, which would be intended primarily for use in developing countries.



The largest solar thermal installation in Canada — over 2,000 square metres



Some of 600, 50-kW U.S. Windpower Inc. turbines at a windfarm in California

Windfarming

Wind power (the conventional type) has the great advantage of being able to collect a considerable amount of energy from relatively small machines. At present, more than a dozen windfarm projects are under way in California in response to a California Energy Commission study completed in 1981 showing a clear accumulated potential of 5,580 MW of wind power capacity in five counties and another 7,377 MW of "promise" elsewhere in the state pending the completion of data gathering. The state plans to get 10 per cent of its electricity from wind by the year 2000. At present, there are 1,000 wind turbines from 16 different manufacturers operating within a two and one-half hour drive of San Francisco. Over 100 MW of capacity has been installed in the state to date. Hawaii, another state looking at wind farming, is hoping to provide 10 per cent of its total energy from wind power by 1990.

U.S. Windpower Inc. has the distinction of operating the largest turbine array ever built—600 fifty-kilowatt generators with power sales to Pacific Gas and Electric approaching five million kWh. By 1985 U.S. Windpower plans an additional project from which they expect to produce 100,000 kWh annually. The same company was responsible for the world's first windfarm in Crotched Mountain, New Hampshire, which used twenty 30-kW machines. The facility produced 47,000 kWh from January to October 1981, of which 18,000 kWh were sold to the Public Service Company of New Hampshire for 7.7 cents per kWh. Southern California Edison is also buying wind power and is planning to purchase even more, while the Bonneville Power Administration is operating three multi-megawatt wind machines on its grid in the Columbia River Gorge in Washington State.

Though there has not been any recent work completed on the wind energy potential of Canada, a 1981 study commissioned by the federal department of Energy, Mines and Resources estimated a 6,000 MW "realizable potential" by the year 2000, and 17,000 MW by 2020.

DAF Indal Ltd. of Mississauga, Ontario, is one Canadian firm heavily involved in the development of wind energy machines. Since 1974 DAF has been actively engaged in the design, development and manufacture of the Darrieus-type vertical axis wind turbine (VAWT). With the close collaboration of the National Research Council of Canada, DAF has been able to develop and install a number of VAWTs throughout the world including thirteen 50-kW units in Canada, the United

The Darrieus

Australian Information Service

Wind water pumper in Australia

States, Australia and the Republic of Ireland. In addition, two 500-kW machines were installed in early 1983. These machines (Series 6400 Model) have been instrumented to measure low and high speed shaft torque, electrical power output and shaft speed. This is the first machine offered commercially by the firm, which has marketing plans in two areas—windfarms and wind hybrids, including wind/diesel.

Water Pumping

Though there are still a few thousand of the old water pumpers of yesteryear around, the resurgence in this technology is remarkable. For example, Wind Baron Corporation of Phoenix, Arizona, reports that by using adjustable weights to counterbalance the water column, one can pump groundwater from a depth of 90 metres in wind speeds as low as 8 km/h—a speed which occurs 90 per cent of the time over 94 per cent of the earth's surface. The Worldwatch Institute in Washington, DC, says there are now about one million small windmills pumping water for livestock, irrigation, and people in rural areas throughout the world. By the turn of the century, they expect there to be 100 million people in farms and villages—mostly in the developing world—benefiting from this form of wind power.

FDO/ECN

A 300-kW Dutch prototype from 1981

European Wind Power Applications

The Dutch, who once boasted 9,000 windmills, are now planning to revive their image as one of the world's leading wind energy consumers. In fact, one optimistic plan calls for 20,000 grid-connected turbines to be in place by the turn of the century.

One scheme would see 500 wind machines feeding 1,200 MW into the national grid, or when demand is low, into pumped storage—a 27-square kilometre reservoir at a level up to 24 metres above the lake. When the wind speed drops, stored water would simply flow through turbines back into the lake. Though considerably more work needs to be completed before determining the feasibility of the scheme, the Dutch government has approved a demonstration wind park at Sexbierum on the North Sea coast. Construction is due to begin in 1984. About 25 turbines of 300 to 500 kW will be installed for a total capacity of 10 MW.

Design work on a Dutch 1-MW wind unit has recently been completed and a prototype is

expected to be operating in 1984. This is a horizontal axis, twin-bladed machine with a 45-metre-diameter rotor. Research is also under way on a 3-MW machine.

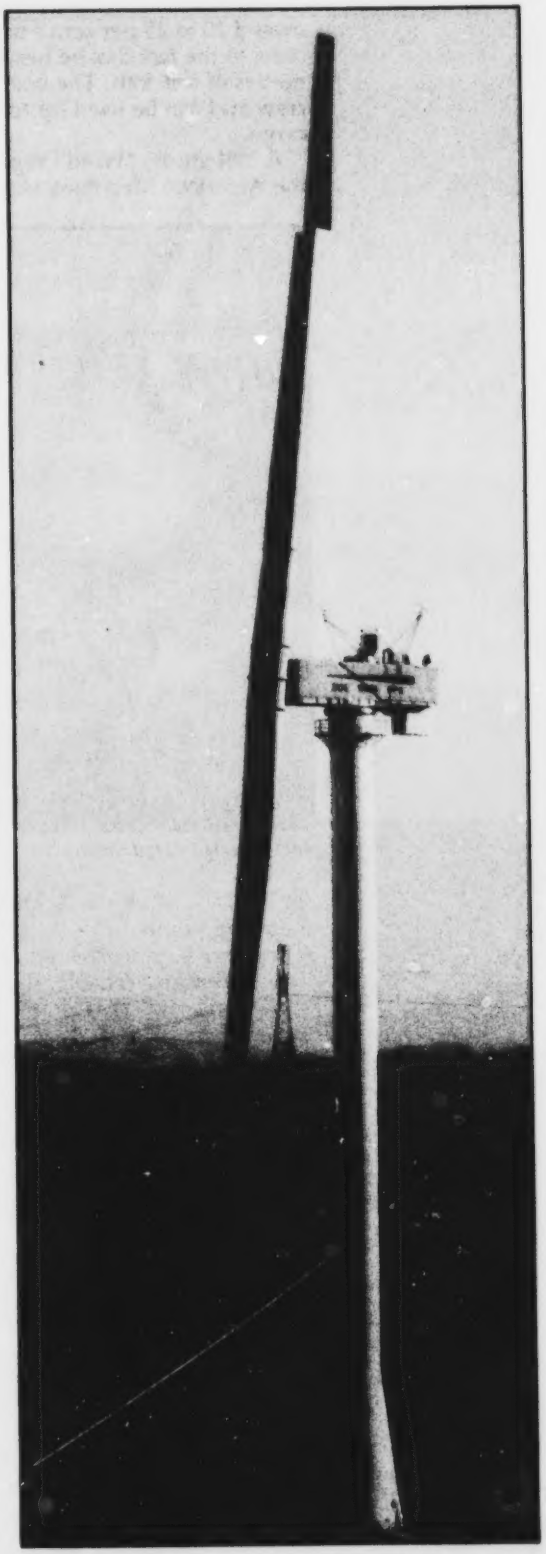
Europe's largest wind turbine began operation in West Germany in October 1983. The 3-MW machine stands 100 metres high. It will provide electricity for 2,500 homes in the Wilhelmshaven area.

Also in Germany, engineer Dr. Gunther Wagner is working on an unusual wind machine. Instead of the usual aeroplane-type propellor with two blades in line, this machine has a rotor consisting of two blades at an angle of about 110° to each other, rotating about an axis raised 55° from the horizontal. This results in one blade being almost vertical when the other is horizontal. This design obviates the need for the tower associated with conventional vertical and horizontal axis wind machines and allows heavy gearing and generator equipment to be located on the ground. It also means that instead of the slender, costly blades of traditional machines, relatively inexpensive, more durable blades can be employed. Though the wind machine's lack of height means the blades have to be about twice as long as would otherwise be the case, Wagner does not see this as a disadvantage. He proposes to mount the machines on large ships or barges moored at sea. This, says Wagner, takes advantage of stronger, more consistent offshore winds. The largest Wagner prototype built to date is a 250-kW machine which has operated successfully on the North Sea.

Another country very active in wind energy implementation is Denmark. The Danes plan to generate 10 per cent of their electricity from wind by 2000. For the moment, 30 approved windmill designs qualify for government grants and it is estimated 700 have been installed, mostly on farms, in response to the program. The average payback is five years and most of the machines are designed to feed into the national grid. By 1986, Denmark plans to spend $40 million to build 20 to 25 turbines in the 600 to 1,000 kW range.

Sail-Assisted Shipping

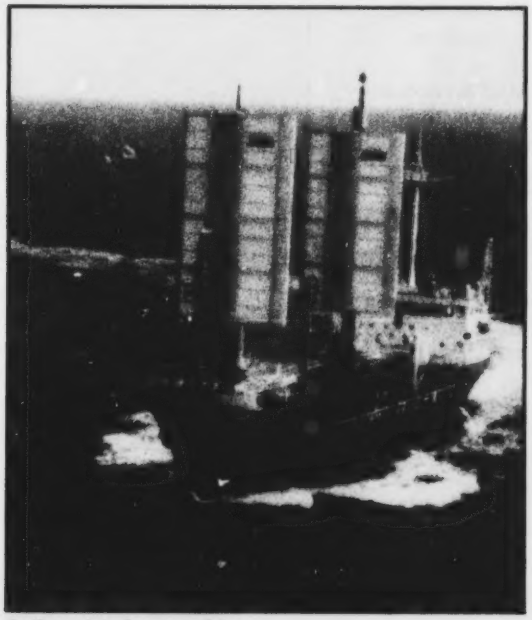
In 1980, the Japanese launched a 66-metre, 3,000-tonne tanker using automated wing sails that save 10 per cent of the ship's fuel. In 1981, Wind Ship Development Corp. of Norwell, Massachusetts, followed suit with the retrofit of a 65-metre Greek cargo ship, the Mini-Lace. The effort was chosen by the U.S. National Association of Professional Engineers as one of 10 outstanding feats of the year, along with the Space Shuttle. In addition, the captain of a 16-metre tugboat operating off the coast of Chesapeake Bay in the United States, says he



The Boeing Engineering MOD-2 Wind Turbine – a 2.5 MW machine which forms part of a wind farm selling energy to Bonneville Power Administration, Washington

owes a 20 to 25 per cent savings on operating costs to the fact that he has hoisted 130 square metres of sailcloth. The boat requires no extra crew and can be used for towing, fishing and cargo.

A 1981 study, "Wind Propulsion for Ships of the American Merchant Marine", completed



Sail-assisted cargo ship

for the U.S. Maritime Agency, makes the following points:

- properly engineered, automated sailing rigs are stable and reliable, require no additional manning and are advantageous when used with conventional screw-type power;
- wing sail rigs offer greatest simplicity, performance and cost effectiveness;
- sail-assist offers overall economic savings of five to 15 per cent, with fuel savings of 20 to 30 per cent.

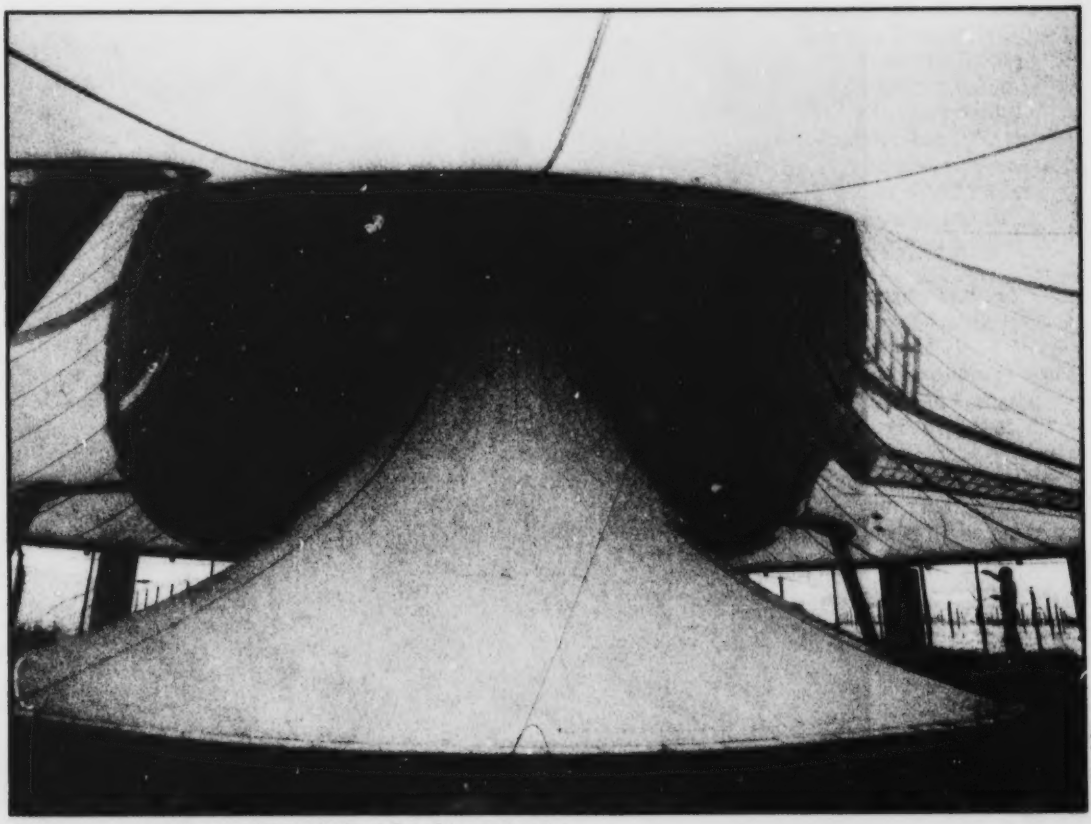
The key to any revival of sail systems is the computer. Conventional sailing ships need large crews. But a British system designed by Walker Wingsail Co. uses an aerofoil sail and a computer and servo-motors to keep the sails trimmed. The company expects the sail to give twice the thrust of a windjammer's rig to provide additional propulsion for commercial ships and claims it could save shipowners at least 20 per cent on their fuel costs.

British Petroleum also has an idea for wind-assisted oil tankers. Essentially, a main sail like a vast kite is folded and packed in a tube similar to a gun barrel on the ship's deck. It is attached by a line to a much smaller pilot kite, stored in a compressed-air launcher alongside. The launcher shoots out the pilot kite, which opens, catches the wind, and pulls out the main kite. This then opens, and flies high over the ship from the end of a strong cable.

BP suggests that, apart from assisting oil tankers in long hauls across the ocean, the kite could be a useful platform for photographic or radar equipment. It could also carry pollution monitors, crop sprayers or telecommunications equipment. Its proponents claim it has the advantage of functioning at high altitudes, where winds are strong and stable. It would be economical and easy to take down and stow in stormy weather.

Solar Chimney

The solar chimney is a wind machine that works best where there is no wind at all. One hundred kilometres south of Madrid, Spain, a West German-built, 200-metre-tall prototype produces its own wind by creating a high temperature convection funnel from under a 40,000 square metre plastic cover. The sun heats air beneath a two-metre-high cover to 20°C above ambience, sending 100 km/h winds racing up the chimney and powering a variable pitch four-bladed rotor installed eight metres up the chimney from the base. The power created is fed to Union Electrica, the region's utility. The 40-kW prototype cost US$1.44 million to construct and has an 80 per cent transmission efficiency. Designers hope to be working soon on a one to five MW unit. The machine can be used in any area where there is a lot of sun and sufficient space. It is being considered for use in Saudia Arabia, Brazil and Libya.



dpa/Siedele

Air moves into this cone beneath the solar chimney's rotor.

Environment Canada

Willow energy plantation after one year of growth

Biomass

There is no shortage of biomass for energy applications. Sources include land-based vegetation, water-based species and organic wastes. Among these are trees, grasses and plants; sea kelp, water hyacinth and algae; and urban refuse, forestry residue and manure. Indeed, the energy equivalent of the annual net growth of biomass in all its forms is about 10 times the current total world energy production. Small wonder, given this potential, there has been such an array of biomass innovations.

Wood Grass

This approach to biomass production consists of very close-spaced planting of tree species and short-rotation harvesting—possibly on an annual or semiannual basis—as if the tree crop were a perennial grass. Yields of hybrid poplar wood grass have been reported to be about 25 to 30 dry tonnes per acre-year in Oregon. If such yields can be sustained, a new and practical source of low-cost biomass energy could be available for temperate climates.

Aquatic Biomass

The water hyacinth is becoming a strong candidate as an energy crop in southern climates with long growing seasons. It is a prolific grower, it removes pollutants from waste waters, and converts readily to methane by anaerobic digestion. Several projects around the world are under way to develop this technology.

Another crop that has attracted interest for several years is giant brown kelp. This involves an integrated ocean farm and conversion system for the production of methane. Work has been conducted off the coast of California in nutrient-rich, deep ocean water. But problems have been encountered with winter storms in such off-shore locations.

As a result, a near-shore growing area moored in only 50 feet of water is being monitored off Catalina Island in California. Here, a pipeline is used to upwell deeper, nutrient-rich water much as would be done in an off-shore farm. One of the advantages of aquatic biomass is that it does not compete either in a real or perceived sense with food crops for land.

Wood Burning

Direct combustion is the most straightforward route to energy from biomass. When the Canadian government introduced the Canadian Oil Substitution Program (COSP) to encourage homeowners to switch from heating with oil to gas, electricity or wood, wood conversions proved to be surprisingly popular. During the period October 1980 to November 1983, 140,194 Canadians converted their heating source from oil to wood under COSP as compared to 201,750 who put in electric heat and 169,900 who opted for gas furnaces.

Before the 1970s in both Canada and the U.S., domestic demand for wood-burning stoves was on the decline. But in 1979, US$1 billion worth of solid-fuel appliances were sold in the U.S. and $100 million in Canada. Although sales have tapered off since that peak, the industry is still earning approximately $60 million per year in Canada and more than $500 million per yearin the U.S. Other nations, too, are making extensive use of wood fuel. In Sweden it accounts for eight per cent and in Finland 15 per cent of the total energy used. In Canada, including wood wastes burned by the pulp and paper industry, biomass accounts for four per cent.

Wood Pellets

After three years of producing refined, densified pellets from wood wastes and other biomass materials for industrial use, Bioshell

Inc., a Montreal-based subsidiary of Shell Canada, plans to introduce its wood fuel into the residential market.

The domestic furnace developed by Hunter Enterprises in Orillia, Ontario, is an auger-fed, downdraft type unit with an ash precipitation system and primary and secondary heat exchangers. The pellets sit in a combustion bed and as they burn down in size and density, the air stream carries them away through the precipitator.

Five demonstration units have been installed in Minden, Ontario, and are providing heat for the 1983-84 heating season. There is also a unit operating in Hearst, Ontario, and one in Burlington, Vermont. The furnaces are rated at either 120,000 or 150,000 BTU/hour.

To date, Bioshell has manufacturing plants in Hearst and Iroquois Falls, Ontario, and Lac Megantic, Quebec. Each plant produces about 325 tonnes per day of the pellet fuel. The plants themselves burn wood residues and, if need be, pellets to dry and fabricate the finished product.

Manure

According to studies done by the National Research Council of Canada, an average-size pig farm (2,000 hogs) could produce enough methane for all its heating, cooking and electrical needs. In this particular microbial digestion process, methane-producing bacteria adhere to the surface of a film inside the digestor and are retained from batch to batch. As a result, the contents of a 35-litre digestor can be replenished in one day, increasing the daily volume of gas produced while sacrificing only a small amount of efficiency. The remaining sludge can be used as fertilizer or animal feed.

Cattle, too, can help pay their own way. A 1,070-hectare farm near Gettysburg, Pennsylvania, produces all its own electricity. Manure from the 1,000-head dairy farm produces 1,200 cubic metres of biogas per day, while the remaining sludge fertilizes the fields. A twice-daily flushing of the barn floors sends manure into an anaerobic digestor where the water is drained off, clarified, and recycled into the flushing process. The biogas is used to power a dual-fuel engine and an electric generator.

Methane from Landfill

In the area of biological gasification of biomass, methane recovery from municipal solid waste landfill sites is a commercial technology. Several systems are now supplying medium and high BTU gas for local use. This technology is expected to show substantial growth. It has been estimated, for example, that there are 10,000 operating landfills in the U.S., only a few of which have been tapped for methane recovery. In Duarte, California, Southern California Edison Co. plans to provide power to 3,500 homes by buying electricity generated from a neighbouring landfill site.

In thermal gasification, several processes have recently been commercialized. One of the newest installations is a three tonne per hour, updraft, air-blown gasifier that supplements the gas-fired boiler in a 650-bed hospital in Rome, Georgia. The gasifier uses whole tree chips and is expected to save the hospital US$250,000 a year in fuel costs.

General Electric

Giant California kelp being examined by marine biologist

Ammonia

Another potential liquid fuel that does not contribute to the carbon dioxide problem and is easier to contain than hydrogen is an old chemical currently used as an agricultural fertilizer—anhydrous ammonia. Essentially, ammonia can perform the same energy storage function as hydrogen at a much lower cost. Furthermore, while hydrogen is not expected to be widely used as an energy medium before the year 2000, ammonia could be within five years.

Not only is ammonia in infinite supply, renewable, and environmentally sound, it is more easily (and thus more cheaply) stored

Vermont Castings Inc

Vermont Castings "Vigilant" parlor stove

and transported. The technologies for the production of ammonia from electrolysis of water and steam reforming of natural gas are well understood and widely employed in the industrial sector. Ammonia can be used to fuel gasoline, diesel and turbine engines. It was used as a motor fuel by Germany during World War II and, depending on energy pricing agreements in Canada, could, within five years, be producing equivalent amounts of energy at about half the expected price of gasoline.

Ammonia solves the storage and weight problems associated with hydrogen because, stored as a liquid, ammonia offers superior energy density to hydrogen stored as a gas, liquid or metallic hydride.

Short-term prospects for ammonia as an automotive fuel should be bright because obstacles common to other alternatives, such as engineering problems and lack of infrastructure, are minimal. Ammonia is now a world commodity manufactured and transported on a large scale. Its most promising use in the near term would be in vehicle fleets. The Canadian Alternative Energy Corporation has recently signed a two-year contract with the city of North Bay, Ontario, to provide vehicle conversions and ammonia fuel for the city fleet. In the longer term (mid-1990s), ammonia could also be put to use in fuel cell electric vehicles.

Proto-oil

At the University of Saskatchewan in Saskatoon, advances have been made in the development of a process which can convert aspen wood into a substance known as proto-oil. This "oil", when combined with a zeolite catalyst, produces a high octane gasoline.

The main discovery of the Saskatchewan group is that the process can occur at much lower pressures than previously thought possible. Whereas originally, 34,500 kPa were deemed necessary to achieve a wood-to-oil conversion ratio of 45 per cent, the current reactor prototype can operate effectively at 13,800 kPa without any reduction in oil yield.

Such lower pressure requirements mean reactors can be built with less stringent specifications (thinner walls, for example), resulting in lower capital costs. A further cost reduction is achieved by eliminating carbon monoxide from the reaction process; the quality of the product seems to be unaffected.

Since the reactor vessels are small by industrial standards, such units are ideal for on-site use at lumber yards, pulp mills or any place with a steady supply of "waste" wood. The current prototype, though experimental, has run continuously for six to ten hours.

Methane to Methanol

A molybdenum-based catalyst that mediates direct oxidation of methane to methanol has been developed by Texas A & M University. The process avoids the need to reform methane into synthesis gas. Although the original process uses costly nitrous oxide as an oxygen donor, oxygen itself can be used with some decrease in overall effectiveness. This could give methanol producers the ability to produce on demand a portable liquid fuel/gasoline extender that could replace methane gas, which in many instances is less convenient to store and use.

Ethanol from Cellulose

The discovery that a yeast, *Candida wickerhamii,* can make ethanol from cellodextrins (glucose compounds that arise from the partial breakdown of cellulose) could simplify the production of ethanol from cellulose. This is an ability ordinary yeasts do not have. The idea is to produce ethanol from cellulose without having to produce glucose as an intermediary. Currently cellulose is converted to glucose by a process known as acid hydrolysis; the glucose is then fermented to produce ethanol. In the new process, *Candida wickerhamii* is used to convert cellulose to ethanol directly. This technique may significantly increase ethanol yields.

Fermentation Ethanol

There has been a great deal of contention of late on the subject of the "energy balance" of the traditional (fermentation) ethanol-producing processes. It has been argued that the entire process from harvest to storage tank uses more energy than it produces. While these assertions are often ill-founded, there is no doubt that the traditional fermentation process, owing mostly to the energy used in the distillation operation, is far from energy efficient. Now a new process that provides a low energy alternative to distillation has been developed by Critical Fluid Systems Inc. of Cambridge, Massachusetts. The process uses supercritical fluids (gas compressed to the point of optimum solvent extraction) for liquid separation. Distillation, which once seemed the only obvious way, has been leapfrogged. Without such a leap, arguments about energy balance might have plagued us for years.

Ethanol from Whey

Ethanol is generally derived from plant material via the fermentation of sugars or starches. However, a new facility being constructed in Manteca, California, by Fermentec Corp. will process about 230,000 kg of whey per day from two area cheese factories, converting it into fuel-grade ethanol. Annual production will be 1.5 million litres of anhydrous ethanol, as well as an unspecified amount of wet-cake and liquid protein animal feeds.

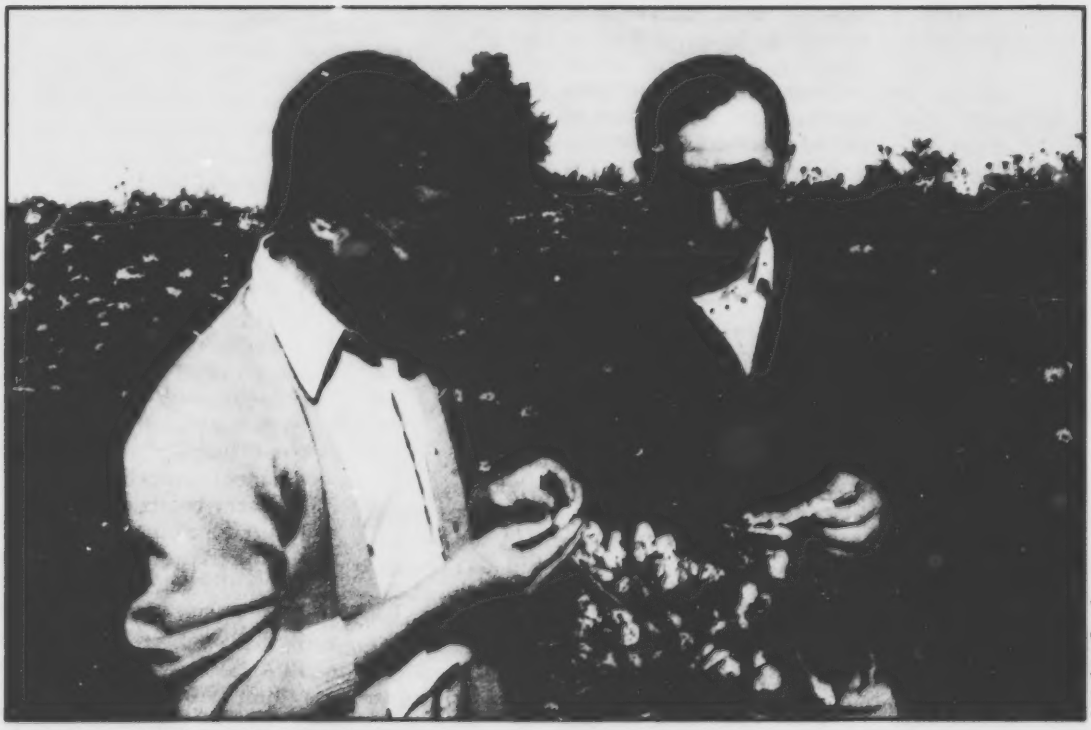
Previously, one of the cheese factories was paying US$2,000/month to truck its whey to a lagoon and some firms are paying as much as US$20,000. Fermentec now pays the cheese factories 6 cents per hundred kilograms. For Fermentec, these "wastes" are a low-cost, high quality feedstock for fermentation.

Jerusalem Artichokes

Will Jerusalem artichokes, that native North American perennial that can produce twice the alcohol yield of corn per acre, ever succeed as a fuel source on this continent?

With an 18 per cent sugar content in its tubers and eight to 12 percent in the foliage, it has considerable energy potential. With a yield of 50 to 75 tonnes per hectare of tubers and an equal tonnage of two-metre-high tops, farmers can harvest enough sugar from a Jerusalem artichoke crop to produce 5,680 litres of alcohol per hectare.

One group working to establish reliable yield data on the artichoke is Mohawk Oil in Minnedosa, Manitoba. They have grown the material for three years in different locations across Canada and expect their studies to continue for another two years. Much depends



Agriculture Canada

Jerusalem artichokes under inspection

on where the crop is grown. Colder, northern climates are not as productive as warmer ones.

As it is difficult to harvest and store the artichoke's tubers, Mohawk is interested in the top growth. This portion is harvested before the sugar is translocated into the tubers—normally at or within two weeks of blooming. Harvesting only the tops also has the advantage of making the artichoke a perennial with new tops coming up each year. Tests to date indicate that sugar levels are not high enough to use artichoke tops for alcohol production.

Instead, Mohawk is experimenting with alcohol generation from cellulose production. In this case, the top growth of artichokes could be useful. Mohawk expects to have a better idea of whether to continue or abandon its artichoke research by 1985.

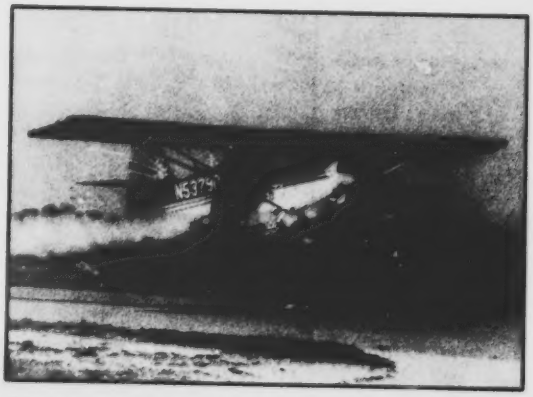
Another group studying the potential commercialization of artichokes is Sudbury 2001 of Sudbury, Ontario. Working in conjunction with the company French River Fuels, the group is currently planning to build up its supply of feedstock and hopes to have a few acres under cultivation in the summer of 1984. A small still has been built and tests will be run on the artichoke to determine how well it produces ethanol. Initially, the 90 per cent ethanol will be used to fuel agricultural machinery.

Potatoes

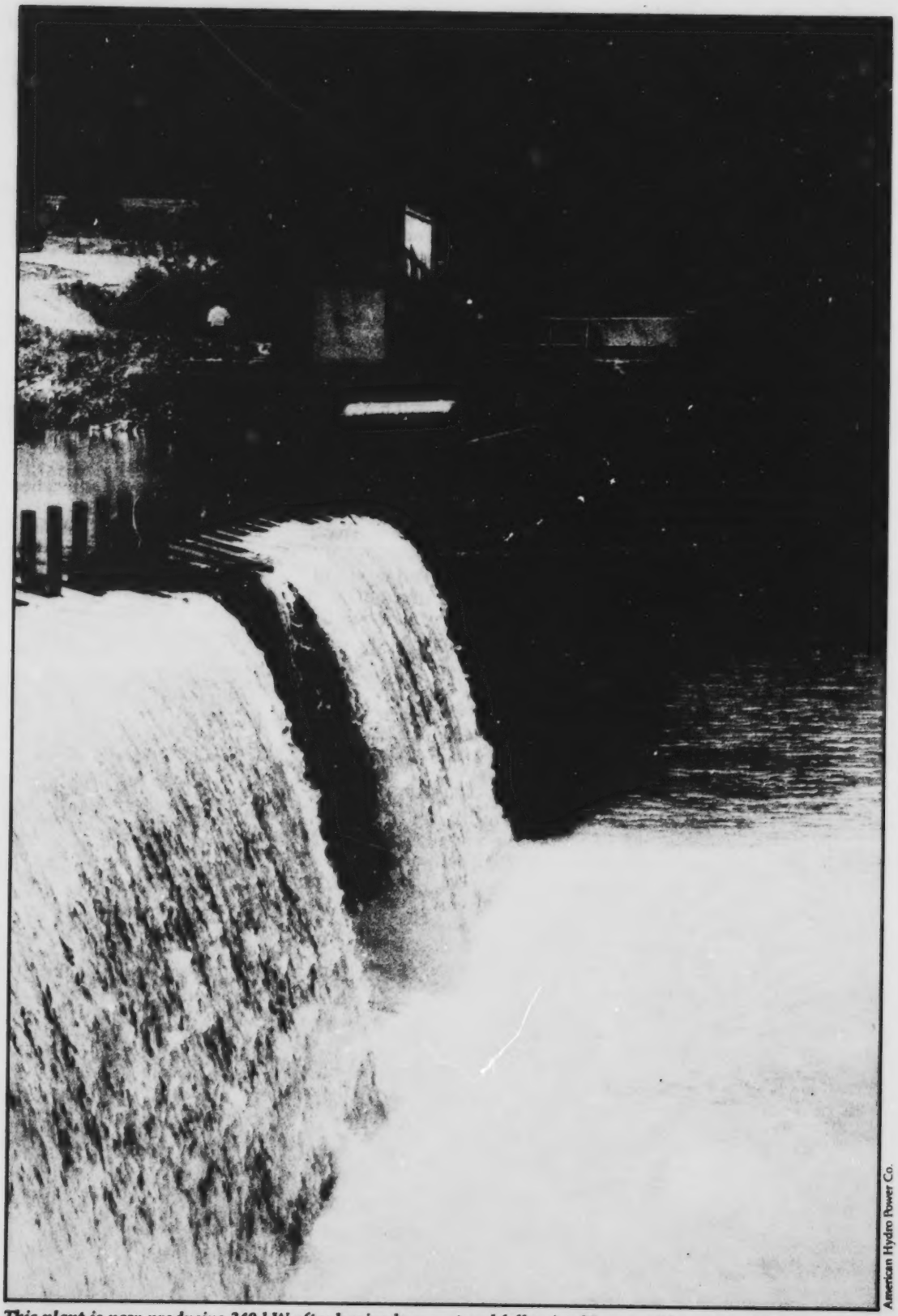
At the same time as they are looking at the artichoke, the 2001 group is making use of the Sudbury area's 10 tonnes per week of "waste" potatoes. Local retailers only accept potatoes between 4.5 and 8.25 centimetres in diameter and anything bigger or smaller is dumped. Since 35 kilograms of potatoes provide one litre of ethanol and since there is also a lot of unused agricultural land in the region, 2001 feels there is a good future for local ethanol production, either from potatoes or artichokes or even corn. Testing on the potatoes will be undertaken during the winter of 1984.

Ethanol-Powered Flight

There are many potential feedstocks from which one can derive ethanol. But the first ethanol-powered flight across the United States, in January 1983, saw some very unusual carbohydrates go into the mixture. Candy, fruit wastes, sorghum and corn all helped power a Texas University professor's two-seater Bellanca Decathlon stunt plane from Los Angeles to Washington, DC. The 4,800-kilometre, 50-hour flight used locally-produced fuel picked up during stop-overs along the way in Arizona, New Mexico, Texas, Missouri, Georgia, South Carolina, North Carolina and Virginia. Fuel was made from waste candy in Texas, waste oranges in California, and sorghum grown in New Mexico. Pilot Max Shauck says he made the flight to demonstrate the potential of locally-produced ethanol as an aeroplane fuel, especially in the agricultural aviation industry. He says the alcohol performed as well as aviation fuel and ran one cent per mile more cheaply, even with only crude engine modifications. He feels that 180 proof ethanol is no less viable than pure ethanol for aviation use. Shauck's plane is powered by a four-cylinder, 150 hp, fuel-injected Lycoming engine with a modified compression ratio of 8.5:1.



Max Shauck's ethanol-powered aeroplane



American Hydro Power Co.

This plant is now producing 340 kW after having been restored following 30 years of inactivity. The power serves 35 residential customers. American Hydro Power Co. of Philadelphia refurbished the site.

Small Hydro

The principle of capturing the energy in fast moving or falling water has been with us for over a century. But during the 1960s and 1970s innumerable small dams throughout North America were abandoned in favour of larger centralized systems. At the time, micro and mini-hydro were not considered economically feasible. No one would have anticipated the surprising resurgence that has taken place in small hydro during the 1980s. Thousands of small dams are being refurbished throughout North America and hundreds of other new sites are being developed.

Though there is no clear inventory of just what Canada's small hydro potential might be, Ontario and British Columbia have done the most sophisticated surveys, estimating their provincial resources at 500 and 1,400 MW respectively. Ontario has a small hydro development support program which hopes to see 100 MW installed by 1995—particularly in areas where expensive diesel fuel is now being flown in. Work is currently under way at seven sites in the province.

In the United States over the past 20 years more than 3,000 small hydroelectric plants totalling about 3,000 MW were taken out of service. It is estimated there are more than 50,000 dams over 8 metres high. Do-it-yourself small hydro manuals for the entrepreneurial and adventuresome are now numerous. Small installations with a potential of some ten to twenty thousand megawatts were under reconstruction in 1981 while a further 20,000 MW at 2,000 sites awaited permits in 1980. In fact, the number of applications for small hydro permits in the U.S. is growing so rapidly that it has been suggested that by the end of the century, small hydro could approach the same generating capacity as existing large hydro. Certainly, small hydro capacity ordered during 1979 - 1981 in the U.S. amounted to more megawatts than the total coal and nuclear capacity ordered during the same period. New York State envisages two to three thousand megawatts of small hydro by the mid-1990s.

The Chinese make extensive use of small hydro, deriving more than 7,000 MW from over 90,000 local micro-hydro sites. This accounts for 30 per cent of China's total hydro capacity. Other countries supporting small hydro development include Sweden, which plans to build 250 plants in the early 1980s, and New Zealand, which currently has 60 plants and is planning more.

Vertical Axis Hydro Turbine

There are, of course, numerous types of small hydro turbine. The most ancient is the waterwheel and another, the pelton wheel, has been with us since 1848. One of the most exciting new developments in recent years has been the construction by a Nova Scotia firm of a small watermill which generates electricity from fast moving water without the use of a dam. A vertical axis turbine that looks like an underwater windmill on its side, the Nova Energy Ltd. watermill is mounted below a floating barge with the blades always rotating in the same direction.

Conventional hydro power designers have laughed at the new technology because the watermill's turbine efficiency is only 60 - 70 per cent with an energy extraction efficiency of 40 per cent. This compares to 90 per cent and 60 - 70 per cent respectively for conventional small hydro installations. But Nova points out that if only a small amount of power is required and if it can be delivered for fewer dollars per kilowatt, then efficiency is not a primary consideration. Furthermore, the Nova hardware is designed specifically to function well in one to two metre heads—not always the case with conventional equipment.

The current machine sports three 1.5-metre blades which generate about 50 kW. Though there are many problems to be worked out yet, the existence of such a watermill could not only increase the small hydro potential of rivers, but

also open up possibilities in the capture of tidal power not heretofore considered. Indeed, Nova is currently building a small (one to five kW) tidal unit for the government of Nova Scotia as well as doing a feasibility study with British Columbia Hydro into the possibility of using two turbines in a two to four MW tidal power application. The firm is also currently building a 160-kW unit to be placed in a dam site.

Packaged Power Turbine

One of the problems with small hydro to date has been that since almost every order is custom made, delivery times are too long—often more than six months. But Galt Energy Systems Ltd. of Cambridge, Ontario, has developed a package power system which is compact, requires minimum site work, needs only shallow head ponds and incorporates only off-the-shelf industrial components. Delivery time—from the point of initial order to final site commissioning—can be as little as ten weeks with the total time on the site being as short as eight days.

Other exciting innovations in the small hydro area abound. They all open up and increase the attractiveness of the small hydro option—one which only five years ago was being written off.

Galt Energy

Galt Energy's packaged power turbine

Wave Power

Converting waves into energy is a subject of considerable fascination in at least three nations of the world. The United Kingdom and Norway have been doing research for a number of years and Japan has just completed a wave energy study that began in 1978. The sea-going wave energy converter, the "Kaimei", has been off the coast of northeast Japan oscillating up and down for the past four and a half years.

Part of the hull of the large barge-like ship is divided into numerous chambers, each of which opens to the sea at the bottom. The water in these "pump rooms" moves up and down with the passing of waves and the air displaced by the wave crest drives a turbine.

Much has been learned as a result of the last several years' work. Whereas in Kaimei I air turbines were fitted with standard blades and considerable duct work and valves were necessary to make sure the air was always flowing in the same direction, a new turbine design incorporates symmetrical blades. Now, no matter where the air is coming from, the direction of blade rotation is always the same. This means complicated and expensive ducts and valves can be done away with.

Although less energy was extracted from the Kaimei I than hoped, the unit was hooked up to the Japanese grid and ran without problems. The cost was about $1.00/kWh. Now that much more data is available on the area's wave climate and the new higher-efficiency 125-kW capacity turbine has been designed, the Japanese are hoping to get International Energy Agency (IEA) financial assistance for a Kaimei II project.

Other wave power conversion devices being studied today include the Salter Duck, the air buoy and the rectifier. The Salter Duck oscillates about a fixed point, extracting semirotary motion energy. The air buoy uses wave motion to pump large volumes of air which, in turn, drive an air turbine assembly. In the rectifier, two reservoirs—a high and a low one—are connected by low-head water turbines. A series of rectifying flaps along the side facing the waves allow the water to fill the high reservoir which then discharges into the lower reservoir via the low-head turbines. All of these devices are being researched in the United Kingdom.

Ocean Thermal Energy Conversion

The ocean is not only a good collector of solar energy, it is an excellent storage medium. As long ago as the 1880s, the French discovered that the temperature difference between the surface, sun-warmed water and the cold, deep-ocean water could be used to generate electricity. And unlike many other renewable forms of energy, ocean thermal energy conversion (OTEC) can be used for 24-hour base load power because there is negligible cooling of the oceans at night.

Two types of plants have been proposed. One, a closed cycle operation, uses warm surface temperatures to evaporate a working fluid, usually ammonia, to create vapour which turns turbines. The vapour is then condensed

by deep ocean water. The open cycle plant draws warm surface water into an evaporator where it is turned into steam by lowering its pressure. The salt is deposited and the steam is used to drive a generator. The steam is then condensed leaving fresh water as a by-product. Most systems are sea-based with electrical cables carrying the energy to shore.

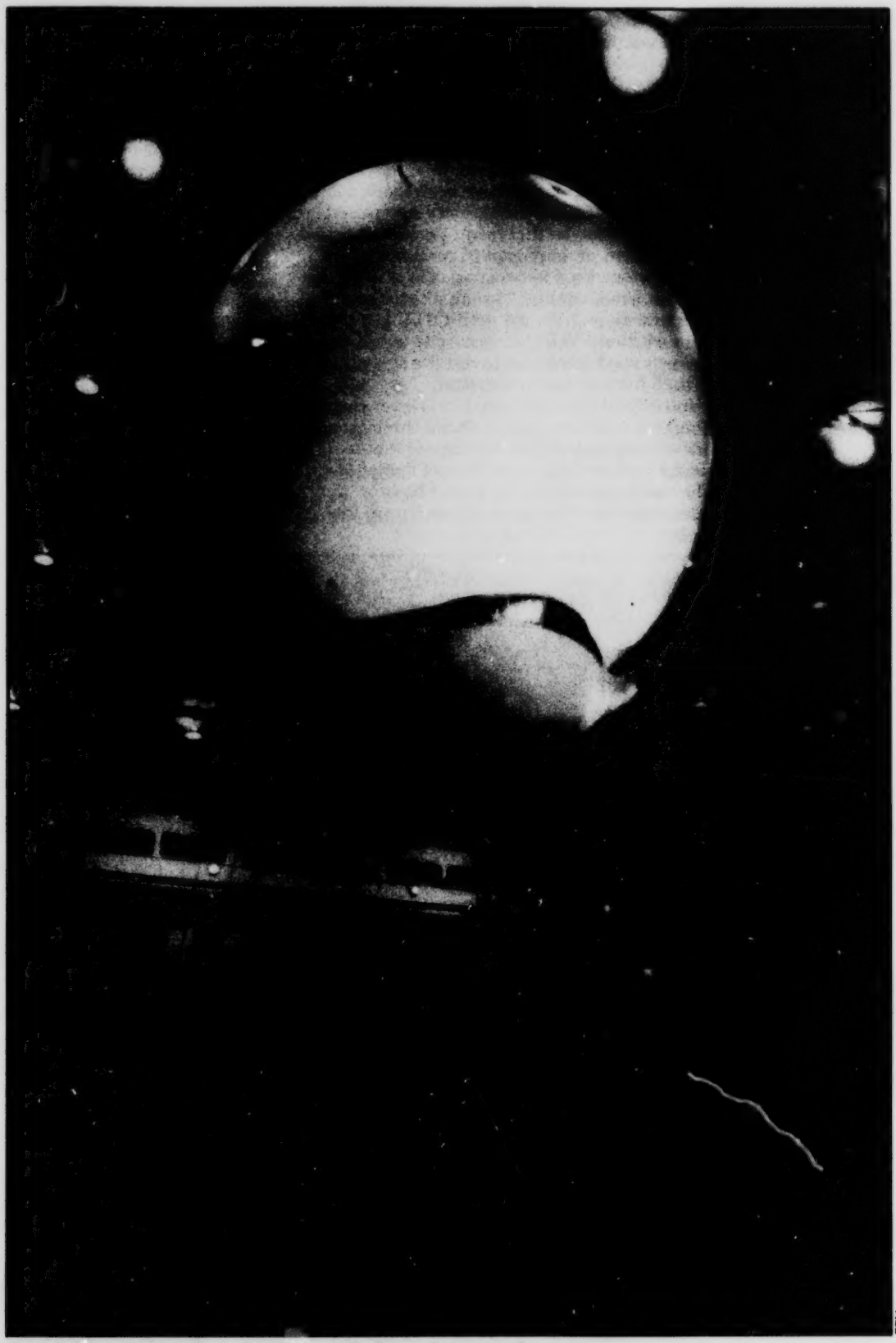
Three OTEC projects have been located in Hawaii. Mini-OTEC, an industry-sponsored prototype, was the first fully operational closed-cycle system. It employed 61-centimetre polyethylene pipe to bring up cold water from a depth of 655 metres. During its four months of operation in 1979, the mini-OTEC generated approximately 50 kW of electricity of which 35 kW was used internally to run the system and 10 to 15 kW was net power gain.

In 1981, OTEC-1, a 1-MW U.S. Department of Energy R & D system, generated three months of excellent operational data before it was forced to close because of budget limitations. The third major facility is a land-based operation which brings cold water from the ocean floor via a 1,860-metre pipeline. In May 1983, the U.S. government awarded $5 million to Ocean Thermal Corporation of New York City as part of a cost sharing contract to complete the preliminary design phase of the world's first commercial-size OTEC power plant.

Ocean Thermal Corporation is itself contributing $2.1 million to the design project which is scheduled for completion in November 1984. At that time, the company plans to move ahead to the construction phase. The 40-MW system will be situated on the island of Oahu and will produce enough electricity for an estimated 40,000 homes. It should be operational by late 1987.

If successful, OTEC could provide significant amounts of Hawaii's base load power requirements—an important step toward gaining energy self-reliance.

Wave energy in the United Kingdom — a subject of constant fascination



REN

The Van Dusen lighter-than-air vehicle — the dawn of a new era?

Lighter-Than-Air Transportation

Lighter-than-air (LTA) transport systems may once again attempt an entry into the commercial aviation market. The promise of increased lifting capacity (greater than helicopters) and reduced operating costs have spurred the development of a number of hybrid airships in both Canada and the U.S.

The most unconventional LTA vehicle conceived to date has been designed by Van Dusen Ltd., of Ottawa, Ontario. Instead of the usual cigar or egg-shaped design, the Van Dusen model incorporates a spherical envelope that rotates in the direction of flight and provides buoyancy. This takes advantage of the Magnus aerodynamic effect and increases lift. Two vectored-thrust engines mounted on either side of the envelope and above the fuselage provide directional control for the airship. The company claims that this is the only craft that can lift 61 tonnes vertically compared to the 15-tonne limit of big helicopters, while consuming about one-quarter the fuel of helicopters used in heavy transport. In determining its cost effectiveness, the company says costs would have to be compared to that of new roads or airstrips in remote areas at up to Cdn$630,000 per kilometre.

Recent U.S. Senate Subcommittee hearings on LTA vehicles received the following testimony and estimates of market demand: "If heavy-lift airships become a reality it would revolutionize the construction and transportation industry. It would send every engineering, construction and heavy-lift component fabricator back to the drawing boards. Most new plants would use modular construction. American products (would be) more competitive at home and abroad."

NASA estimates the North American market at 1,000 machines. Van Dusen tested a 6-metre-diameter prototype which was so successful, they are now building their first 49-metre-diameter commercial prototype.

Meanwhile, LTA Systems Inc. in Toronto, Ontario, has sold two $4-million passenger blimps to a San Antonio, Texas, firm that hopes to be one of the first companies to offer passenger blimp service. The ships, to be delivered in the spring of 1984, will operate out of San Antonio and Los Angeles, California. LTA's Skyship 600 employs two ducted propellors driven by two 200-horsepower Porsche auto engines mounted at the rear of the fiberglass-laminated gondola to provide vectorable thrust which, with adjustable buoyancy, permits flying in areas previously accessible only by helicopters. LTA's parent company, Airship Industries Limited of London, England, has also sold passenger blimps to a company offering a Greek Island shuttle service and another providing sightseeing tours of London.

The Canadian Department of Fisheries and Oceans plans to participate with LTA in evaluating their craft as a replacement for conventional inspection ships. A $3 million Skyship can carry two inspection officers and boarding craft which are currently carried by a $30 million ship with a crew of fifty. Other governments expressing an interest in the technology include those of Australia, Japan, Peru, Indonesia, India, and Brazil.

Novel Prism

A significant amount of energy is needed to light buildings. Furthermore, conventional lighting generates a considerable amount of heat which either has to be vented or sent to air conditioning systems, increasing their load.

But a team of researchers at the University of British Columbia, Vancouver, has developed a light guide that has considerable potential to transmit natural, "cool" light to the interior of a commercial building and provide some relief from these problems. This "prism light guide", made of precisely molded commercial-grade acrylic, has the ability to make use of the total internal reflection properties of light with as

little as 10 per cent loss over a 9-metre distance.

Researchers at UBC's physics department have built a 46-by-46 centimetre hollow prototype of the light guide and installed it in a solvent shed where it has performed extremely well.

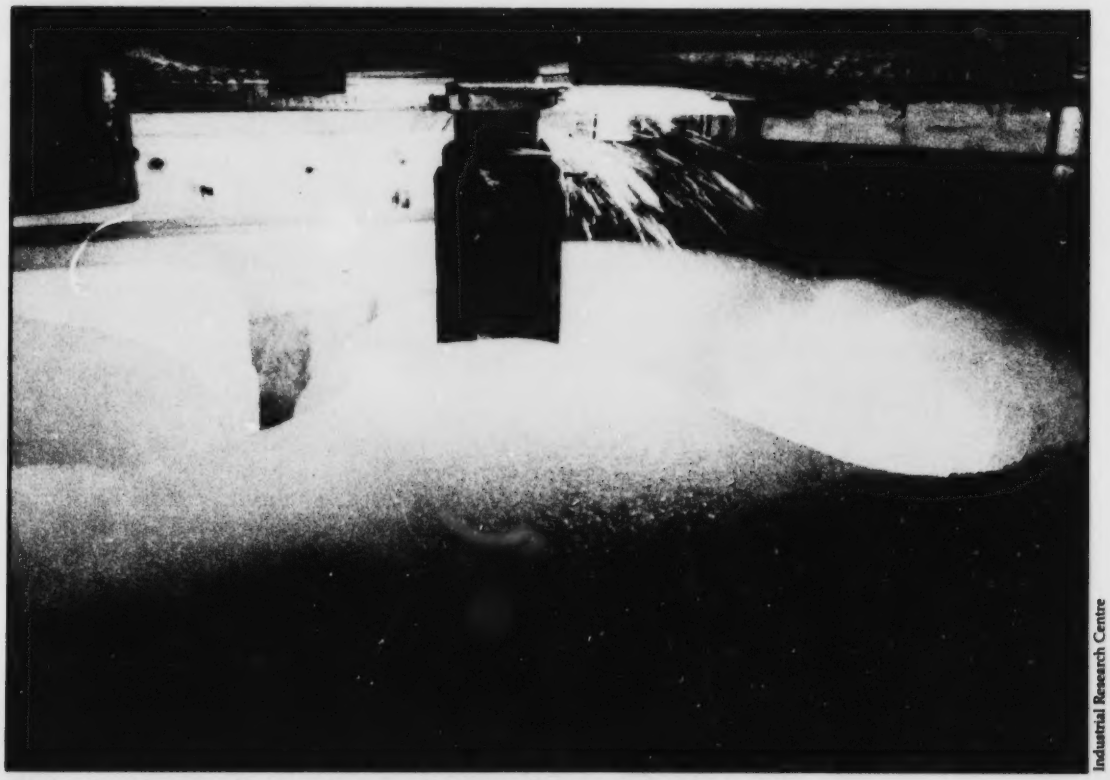
The product could be built into the centre of a 10-storey commercial building where it would, upon capturing sunlight at the rooftop, transmit that light to the interior of each floor. The infrared part of the light spectrum reaching the basement could, if necessary, be stored as heat. Such a system, therefore, offers the unique possibility of combining both heat and light in a solar system.

The critical factor in the success of the light guide is its shape. All the internal surfaces must be either parallel or perpendicular to one another. The same is true of the external surfaces, which are inclined at 45 degrees relative to the inner surfaces. Thus, light transmitted down the path of the guide is repeatedly reflected from the internal surfaces to the outer surfaces and back again. The resulting phenomenon, total internal reflection, is the same concept used in the development of highly efficient fibre-optic cables. The technique has an important role to play in lighting store rooms containing solvents or other flammables where heat must be severely controlled and/or where electric wiring is to be avoided.

Ice Block Cooling

Imagine meeting all the summer cooling needs of a commercial building with a giant ice cube! Developmental work undertaken for Public Works Canada by the Industrial Research Centre in Ste. Foy, Quebec, hopes to achieve just that. Researchers there are trying to store winter's chill to provide relief from summer's heat.

The process is simple. During the cool winter months a large ice block is built adjacent to a building by spraying thin layers of water over the surface of a gradually growing, high density cube situated inside an inexpensive, highly insulated box. Temperatures need only be -5°C or cooler. Then, during the summer, warm water from the inside of a building is fed over the ice block from the top. Once the water reaches the bottom of the cube its temperature is 0°C. It then continues into the building where, through a heat exchanger, it gives up its cool properties while simultaneously absorbing the heat from the building. This re-heated water then completes the cycle by returning to the top of the ice cube and running down over it to be re-chilled. The size of the ice block required is, of course, related to the building's cooling demand. But based on the work completed so far, Public Works can predict how much ice can be made in any part of Canada. In the Ste. Foy example,



Industrial Research Centre

The Ste. Foy ice-maker during melt down; the heat exchanger is below the ice block.

a block two by two by five metres high was built in 1982-83 despite the warmest winter on record in 30 years. In a normal Quebec winter, it is estimated a block approximately 6.5 metres high could be built.

A cost estimate of the ice box concept for a hypothetical 10,000-square metre office building in Ottawa found energy savings of $4,000 a year. As well, a $210,000 ice box measuring 12 by 15 by 6 metres with scaled down conventional back-up would be cheaper than a full-scale conventional chiller.

The system is nearing commercialization and a private business operation is about to evolve as a result of this research. Building owners planning to replace their current oil-fired cooling systems may find it cheaper to leave them in as back-up to blocks of ice!

Further south where winters are not as consistently cold, ice blocks can still be created using heat pumps. This process might be called "ice cube heating". For example, a water-to-air heat pump using heat from a tank of water to warm a building would, by winter's end, create a block of ice that could be used for summer cooling. (See section on Frontier Heat Pumps.)

The largest "ice pond" in the United States will be used during the summer of 1984 to reduce cooling loads for the new Prudential Insurance Company building in Princeton, New Jersey. During testing in the summer of 1983, the slush-ice mixture successfully cooled the three-storey, 12,000-square metre office building and provided chilling for a conventional air conditioning system using only 10 per cent of the electricity required by conventional cooling.

The slush, made in winter, is stored in a basin underneath an insulated dome. In the summer the ice-chilled water is piped to the building's conventional cooling system and, after absorbing heat from the building, returns to the ice pond to be rechilled. The system was developed by the Princeton University Centre for Energy and Environmental Studies.

Flywheels

Imagine if all the energy lost during vehicle braking could be taken up and stored so efficiently that lead-acid batteries could be done away with altogether! Increasingly, engineers are saying that new technology could indeed give the reliable flywheel up to three times the storing capacity of lead-acid batteries. In addition, flywheels do not leak and have a longer life-expectancy. All of this has inspired the ballistics division of a French firm, Aerospatiale, to enter the field of advanced flywheel technology. Currently, the firm is developing control and energy storage systems for a satellite remote sensing craft. The satellite will incorporate three pairs of flywheels, one each for attitude, control and energy storage. Power will be derived from the satellite's solar cells.

Meanwhile, the firm's space technology is employed in a more down-to-earth application. Mounted inside a vacuum chamber underneath a small telephone exchange west of Paris, a flywheel spins at 12,000 revolutions per minute ready to deliver three kilowatts of uninterrupted power for 20 minutes should there be any failure in the main electricity supply. Another of Aerospatiale's flywheels will soon act as an emergency power source for a computer centre.

Aerospatiale favours flywheels made of composite materials to keep weight to a minimum. But Lawrence Livermore Laboratories in California has had problems with composites, notably their tendency to fall apart at high speeds. Others suggest that laminated steel is the best material for flywheels. Since advanced flywheels measure speeds in tens of thousands of revolutions per minute, the construction material is highly stressed.

Batteries

A new type of lead-acid battery has been designed by Gould Research Center under a United States Department of Energy program. The battery's capacity is 100 ampere-hours, more than double that of commercial batteries of equal weight and it can withstand the deep discharges demanded by photovoltaic applications. Tests at Sandia Laboratory in Albuquerque, New Mexico, show the battery could have a life of five to seven years. The battery contains no free electrolyte as this is absorbed by the new, highly porous separators dividing the electrodes. Oxygen buildup is prevented by allowing the gas to pass quickly from the positive to the negative electrode, where it is reduced. This cycle virtually eliminates water loss from the battery.

Meanwhile, an unusual new rechargeable battery has been developed by Eltra Corp., a subsidiary of Allied Corp., Morristown, New Jersey. It contains no metal electrodes. The electrodes are made of plastic, either polyacetylene or polyphenylene, which when immersed in an organic electrolyte could produce ten times as much power as an equivalent-sized conventional lead-acid battery. The new battery is in the initial stages of development and may take five to ten years before reaching its final, marketable form.

Alcan Canada Limited is also working on a

new battery. Called the aluminum-air fuel cell, it produces electricity through the deterioration of aluminium cells in either salt or fresh water. On the basis of preliminary tests, Alcan calculates that using a 227-kilogram cluster of 60 batteries (fuel cells), up to 200 watt hours per pound could be produced. This compares to storage battery capacity of 66 to 198 watt hours per kilogram. Such a cluster of fuel cells would be sufficient to power a conventional five-passenger car for 3,000 kilometers at a speed of 90 km/h. Water would have to be added every 500 km, and after 3,000 km the aluminum plates would have to be changed in much the same way as fossil fuel-driven automobiles need to have oil changes. The 60 fuel cells would, of course, replace the conventional engine. Alcan is currently trying to develop better alloys for the fuel cell plates to increase the potential driving distance between changes. Other more immediate applications for this product include use on navigational buoys.

Zeolite

Zeolite is a light brown granular substance which occurs in volcanic rocks. If you hold it in your hand and blow on it, zeolite very quickly becomes hot—perhaps too hot to hold. Energy that has been efficiently stored in the granules is released by the moisture in your breath. When exposed to water, zeolite releases energy at temperatures as high as 175°C.

Until recently, zeolite has been used as a molecular sieve in gas-producing plants and as an ingredient in phosphate-free detergents. It can also be used to soften hard water, purify sugar and concentrate ores of uranium. It is found in considerable abundance throughout the world, wherever salt water and volcanic ash have interacted. Its greatest advantage is that in the presence of fresh water, it continually releases and stores energy in an almost unending cycle. Recently, new applications for this mineral have been explored—one involving heat, the other air conditioning.

When put in an insulated tank and combined with a heat exchanger, a thermostat, a microprocessor, a fan and a humidifier, zeolite can be used in place of the household furnace. Such a system is being designed by Wood's Solar Systems Ltd. in Calgary, Alberta. Though there has been no interest in Canada in commercial development of these furnaces, the firm has interested private sector financing and a distribution network in the United States pending completion of the final test model.

A solar-powered refrigerator using zeolite and water vapour to replace freon gas in a closed system has been designed by Zeopower Co., Natick, Massachusetts. It is being marketed throughout the world.

If these systems make commercial inroads into the consumer sector, then oil will have yet another very resilient, virtually renewable competitor.

Fuel Cells

The feasibility of the fuel cell as a generator of electricity was proved in spectacular fashion on the Gemini space flight. Now after a further 19 years of development, the first demonstration fuel cell generator of electric utility scale (4.8 MW) should by now be in full operation. Built by Consolidated Edison of New York, in partnership with the U.S. Department of Energy, the Electric Power Research Institute and others, it is expected to be more efficient than the best coal-fired plants with scrubbers. The fuel cells convert hydrogen directly to electricity. The hydrogen is obtained by reacting the fuel—at present either naptha or natural gas—with steam over a catalyst. Future starting fuel could conceivably come from renewable sources.

The fuel-cell plants are made up of relatively small and modular parts. They require about one year construction time, thus saving interest payments on capital expenditures and making utility planning much easier. They can respond to fluctuating demand, moving from standby to full load in as little as 15 seconds. If all goes well, capital costs for subsequent models should drop below $660 (1982 U.S. dollars) per installed kilowatt. The Fuel Cell Users Group, in a study done for the Electric Power Institute, estimated that up to 45,000 MW of electric power in the United States could be supplied by fuel cells by the year 2005.

Geothermal Energy

Though not strictly renewable, geothermal energy has been receiving considerable attention over the last several years as another energy source in the overall energy spectrum. The world's most celebrated above ground applications of underground heat are in Reykjavik, Iceland. Now a number of large-scale plants are under way in California's Imperial Valley, south of the Salton Sea.

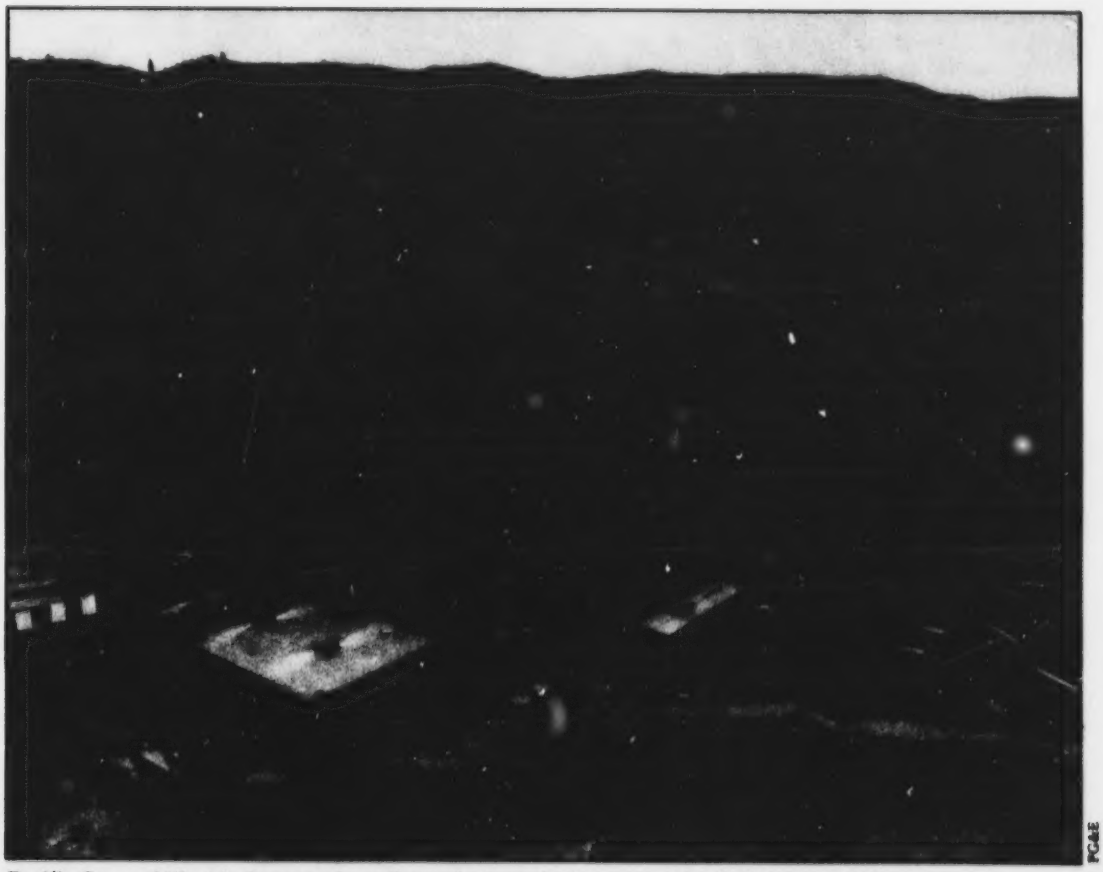
One project, the Niland, is being sponsored by Republic Geothermal Inc. and Parsons Corporations of Pasadena, California. The first commercial phase of Niland is scheduled for early 1986 and will generate 25 MW for Southern California Edison's grid. Phase Two will see the plant expanded to 49 MW, resulting in an estimated saving of 20 million

barrels of oil over the 30-year life of the plant. The $134 million project will be the only U.S. plant to employ hot water rather than steam.

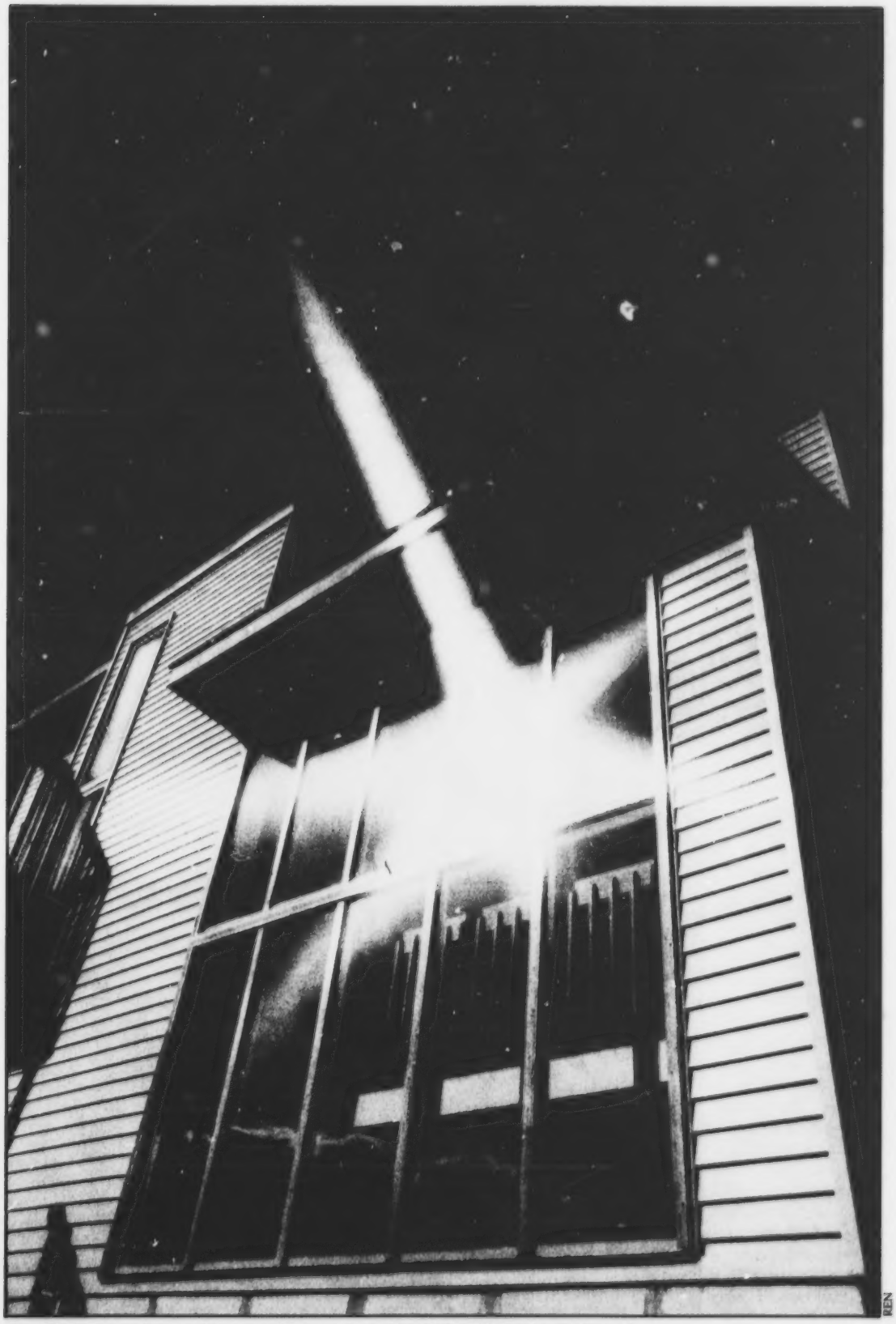
Another operation in the same region is the $125 million Heber facility. This 47-MW plant, to supply enough electricity for 45,000 area homes, is scheduled for completion in 1985. Heber will use hot brine flashed into steam to drive a turbine. Chevron Geothermal Co., a subsidiary of Standard Oil, has already drilled several wells 600 to 3,000 metres deep to tap the reservoir. Southern California Edison will purchase the electricity under a 30-year contract.

The U.S. Geological Survey estimates the Salton Sea area, now being tapped by both the U.S. and Mexico, holds the thermal equivalent of 1.5 billion barrels of oil.

Two projects in Scandinavia suggest that geothermal energy could provide a boost to large heat pump installations. In both Sweden and Denmark, engineers are working on programs which link geothermal energy to heat pumps. In Sweden, 25°C water has been extracted from 700 metres beneath the earth's surface. It is hoped that a heat pump will be able to raise water temperatures sufficiently to provide energy for municipal district heating.



Pacific Gas and Electric Company's geothermal steam-electric generation facility north of San Francisco



One of the many forms of energy efficiency in residential buildings is passive solar.

Passive Solar

Passive solar design has turned out to be far more straightforward and effective than expected. Even in what could be described as unfavourable solar climates, hundreds of thousands of passive solar retrofits as well as new construction are being undertaken yearly in North America. New materials such as transparent insulation and heat-reflecting glazings, as well as new building techniques are being commercialized yearly. The American National Association of Homebuilders Research Foundation has predicted that by 1986, 25 per cent of all U.S. new, single-family residences will feature passive solar options.

Glazing

An experimental glass-plastic-argon glazing developed in Germany has an R value of 19, as good as over five centimetres of foam. A similar experiment with glass is being conducted at the Massachusetts Institute of Technology in Boston. Special highly insulating double glass and floor tiles that contain eutectic salts to store the heat that reaches them are employed. Argon gas is used between the double glass sheets and a transparent film of copper-tin oxide is applied to the outside of the inner glass to act as a heat mirror. Together, these innovations greatly reduce heat loss.

On cloudy days during March 1982, a test solar house with nothing but glass on four sides averaged 12°C warmer than the outside air. As long as daylight duration was 10 to 13 hours, this average held true after a year of tests. However, for one month before and after December 21, daylight was too short to give significantly positive results. The argon fill is currently available in Europe only, but even without it, the coated glass has an R value of 5—two times more than regular double glazing—for US$13.00 more per square metre. The coated product is much cheaper than triple glazing and, in effect, does away with the need for moveable insulation. The material is being commercialized by at least two U.S. firms.

There are now more than 500,000 passive solar buildings in the U.S., half of which have been made by adding greenhouses or other such retrofit techniques to existing buildings.

Low Energy Building

Superinsulation itself is also an innovation. Imagine homes in Saskatoon where winter temperatures frequently drop to -30°C for a month at a time, whose furnaces (about the size of a picnic basket) draw the equivalent electrical energy of four toasters! Yet a number of such homes exist.

The same sort of "no-need" scenario is true of commercial buildings in Canada. No new office tower in this country need have conventional heating installed. Sufficient heat can be recovered from lighting, people and waste heat from elevators and office equipment, etc., to obviate the need for furnaces. Such a building exists in Calgary, Alberta. Gulf Canada Square has no heating system installed and yet still has heat in excess of the building's needs. Imagine the implications of such buildings on energy demand projections!

In fact, some experts expect today's research, enhanced by advances in data collection and computer modeling, to result in net energy producing buildings by the early 1990s. It could be that in the United States at least, passive solar will assert itself over active as the method most builders adopt for solar space heating, daylighting and possibly cooling. It is expected that in the early 1990s the new breed of passive solar technologies will include window glazing and building skin treatments that can be electronically controlled to selectively admit or reject incoming or outgoing energy.

Increasingly efficient and reliable phase-change storage systems and sophisticated fibre optics

to transmit daylight to building cores are also expected to develop. Indeed, the head of the U.S. Department of Energy's photovoltaics shop says that increasingly efficient passive buildings greatly improve the chances that a roof full of southerly exposed solar electric cells could provide a residence's total electric need.

In Canada, a multi-faceted R & D program aimed at consolidating Canada's role as a leader in low energy building technology is under way. Spearheaded bythe National Research Council, the key component for the residential sector is the superwindow. Currently, about 30 per cent of the heat loss from a house is through the windows.

For non-residential buildings, NRC is focusing on the integration of passive/hybrid systems with the architectural, structural and mechanical systems of a building. But in addition, they are looking at switchable glazing systems (which can either accept or reject different parts of the solar spectrum) and enhanced natural lighting.

NRC will spend an estimated $3.7 million on product development in superwindows and $1.8 million on switchable glazings over the next five years. Their total budget for passive solar activities over the 1984 to 1989 period is $11.6 million—all intended to create technology that has the potential to provide substantial energy savings. Indeed, the intent is to achieve performance improvements over current technology by a factor of three or more.

Heat Exchangers

In extremely cold climates where insulation is more important than windows (although with the new glass, even northern Saskatchewan homes could afford large windows), there has been considerable concern about insufficient number of air changes per hour to keep inside air fresh. In response, innovators came up with the air-to-air heat exchanger—a method of bringing in fresh air without the attendant heat loss of conventional leaky homes. Incoming cold, fresh air is passed over outgoing warm air and preheated before being distributed to the rest of the house. This technology has become rapidly commercialized as costs decrease and more tradespeople become involved. An estimated 5,000 heat exchangers were installed in Canada in 1983.

Frontier Heat Pumps

Heat pumps are not new. More than 1.5 million American homes save an average of 20 per cent of the operating cost of their conventional heating and cooling systems with the device.

Refrigerators, air conditioners and heat pumps work on exactly the same principles and use many of the same components. Only a small amount of electricity is needed to drive a heat pump's compressor and turn its fans, so it actually delivers considerably more energy than it consumes.

This is due largely to the fact that a heat pump's heat is not taken from its power draw, but from the vast thermal reservoir of the outside ground or air. However, the ratio of heat delivered to the heat value of the electricity consumed by the pump itself (coefficient of performance, COP) is conventionally between 2.0 and 2.5 (3.5 if groundwater is the thermal reservoir). Though this is better than the COP of electric resistance heating, typically 1.0, and that of oil and gas furnaces, anywhere from 0.65 to 0.95, a COP of 3.5 is nowhere near the upper limit of heat pump efficiency if one uses a solar assist. By boosting the heat of the refrigerant before it enters the condenser, one can achieve a COP of 7.0.

Saskatchewan conservation homes — space heating bills of less than $300 per year

The newest innovation in heat pumps uses beds of calcium chloride for thermal storage. In winter, heat drawn from outdoor air is used to boil liquid methanol. The vapour goes to the chemical bed where it combines with calcium chloride, releasing heat for space and hot water heating. In summer, the pump transfers indoor heat to the chemical bed, releasing liquid methanol from storage. By fall the cycle is complete. Though still at an experimental stage, the new process is claimed to have a COP of 25!

The Air Conditioning and Refrigeration Institute of Washington, DC, says 517,000 heat pump units were installed in the U.S. during the first 10 months of 1983—a 74 per cent increase over the same period in 1982. As heat pumps become more popular, however, they could increase peak power demand on utility grids. Thus, non-electric ways of running heat pumps are being sought.

Refrigerators

Your refrigerator is the largest single consumer of electricity among all household appliances. Indeed, in 1981, refrigerators in the U.S. consumed 17,000 MW of electricity, or seven per cent of national electricity use. This high energy expenditure is not necessary. Current North American state-of-the-art refrigerators are improperly designed and usually inefficiently installed. As one commentator noted "the motors are underneath, so the heat goes up where the food is. Your refrigerator probably spends close to half of its effort taking away the heat of its own motor. Then, in an effort to make the inside bigger without making the outside bigger, manufacturers skimped on insulation. Intermittent electric heaters were also installed to melt the frost. In addition, the fridge is often installed next to the stove or dishwasher so when they throw their heat, the fridge goes on as well."

In point of fact, when a refrigerator is well designed, it will do the same job as an inefficient one using about one-sixth as much energy. Though some effort toward improving the efficiency of this appliance has been made in North America, it looks meagre in comparison to that in Japan. Since 1975, energy consumption in Japanese refrigerators has fallen by more than 50 per cent. Though the oriental model is US$300 more expensive that its American counterpart, the price differential is cost effective to consumers paying seven cents per kWh for electricity. Widespread acceptance of such low energy appliances would not only save consumers dollars, it would be yet another contribution to eradicating the need for expensive new generating capacity.

Current projections show that in 20 years, some 80 million new refrigerators will be in use in the United States. Reducing the average model's energy consumption from 1,300 kilowatt hours per year to even 400 would save 10,000 megawatts of peak demand electricity. Supplying this to consumers would require the construction of installations generating 16,500 MW operating at the traditional 65 per cent capacity and including transmission losses. Building such capacity would cost $50 billion in 1981 dollars, not including the cost of operating the plants.

Energy Efficiency

In many respects, energy efficiency is nothing more than a carefully implemented exercise in value engineering. Techniques such as heat recuperation, cogeneration, and chemical alterations to industrial processes are well known and have been saving energy for years. Unfortunately, many factories have yet to implement these simple techniques and much energy which could be saved has yet to be put to good use. In those firms where efficient motors have been installed, or energy recovery systems introduced, the amount of money cut from energy expenditures has been considerable. So has the impact on energy demand per unit of product.

In 1975 a Canadian industry-government energy conservation task force was established. Sixteen task forces, representing all major industrial sectors and accounting for approximately 80 per cent of industrial energy consumers, set energy efficiency goals (reduction in the intensity of energy use) for 1980 and 1985, relative to a base year, which in most cases was 1972. The goals and progress reported by the task forces to date can be summarized as follows:

% Improvement in Energy Efficiency

	1980 Goal	Progress to 1980	1985 Goal
Chemicals	17.0	22.4	31.0
Electrical & Electronics	15.0	20.3	20.0
Farm & Industrial Equipment	15.0	10.8	-
Ferrous Metals	3.3	4.7	7.1
Food & Beverages	15.0	20.4	23.5
General Manufacturing	-	(0.3)	12.5
Industrial Minerals	10.0	11.3	16.9
Machinery	15.0	19.4	22.0
Mining & Metallurgy	5.8	7.4	15.0
Petroleum Refining	17.0	18.0	25.0
Plastics	-	17.4	13.1
Pulp & Paper	12.0	17.2	30.0
Textiles	11.0	12.3	25.0
Transportation Equipment	15.0	8.6	25.4
Wood Products	-	17.5	15.0
TASK FORCE TOTALS	12.0	15.4	23.0

The magnitude and rate of achievement of energy efficiency improvements vary considerably between task forces. The level of production output, the economic condition of the industry, the process and operating characteristics, the availability or cost of conservation measures, and the level of energy efficiency already achieved, are among the factors which affect goals and progress.

One dramatic innovation in energy use reduction can be seen in the chemicals industry. Generally, process distillation involves the separation of chemicals with heat. Now it has been discovered that the molecules of certain chemical compounds can be separated mechanically—that is, through mechanical sieves. This involves no heat at all and has resulted in a 90 per cent reduction in energy consumption for this process. Another energy cost reduction innovation involves the storage of liquids such as vegetable oils or petroleum products which must be kept warm in the winter. Usually, the liquids are stored outside in uninsulated holding tanks. A burner or some other heating mechanism in the bottom of the tank provides the necessary anti-freeze device. Yet it has been demonstrated that since some of the liquids are themselves warmed by the industrial process prior to entering the tank, simple insulation of these vessels can cut energy demand by 50 to 100 per cent. The liquids themselves often provide enough heat to keep from freezing until they are again drawn back into the process.

Many improvements are accomplished using other simple retrofit techniques.For example, the grocery manufacturers of America recently reported that the 31 companies participating in their reporting program have achieved an efficiency improvement of 17.4 per cent since 1972. This is attributed to process heat recycling and other recovery methods; increase in production efficiency and output; improved housekeeping measures; extensive maintenance and overhaul of equipment; employee awareness programs; replacement of old equipment with newer and more efficient equipment; and reductions in heating and cooling, etc.

The point is that by adopting a least-cost energy strategy, nothing technically innovative need necessarily be done. Many opportunities involve not so-called high technology, but methodical implementation of straightforward techniques.

A Canadian study funded jointly by the federal departments of Energy, Mines and Resources, Environment Canada, and Supply and Services has concluded it would be technically feasible and cost-effective to operate the Canadian economy with 12 per cent less energy in the year 2025 than is required today, while simultaneously switching from 16 per cent reliance on renewable souces to 77 per cent. This can be accomplished, according to the $180,000 two-year study, because by 2025 we should be four times more productive in the ways we use energy than we are today.

In addition, the study says the 77 per cent renewable energy target can be attained "with no food land used to grow energy crops, no highly contentious hydro sites taken, no Arctic oil and gas, no new nuclear power, and with coal de-emphasized." Authors of the study stress the importance of the fact that this is the first time such a major "soft path" report has been completed on a regionally disaggregated basis. This reflects the supply, demand, and differences of various provinces. Nova Scotia, for example, has no excess wood or land to permit much, if any, local methanol production. British Columbia, on the other hand, has a large forest industry generating so much forestry "waste" that enough methanol could be produced for the entire province. National averaging would obscure such critical differences necessary for energy planning.

The contribution to total energy supply of many of the innovations mentioned in this text will be greatly enhanced by increasing the efficiency with which overall energy is used.

Acknowledgements

Material to produce this document was initially collected in 1981. Editing and updating then took place in March, 1983, followed by a further pre-publication update in December, 1983. In the compilation of this material we wish to acknowledge the following journals:

Alternative Sources of Energy
Chemical and Engineering News
Energy Magazine
IEEE Spectrum
New Scientist
New Shelter
Renewable Energy News
Science
Science Digest
Science News
Soft Energy Notes
Solar Age
Technology Review

For their time during telephone interviews, we would like to thank:

Air Conditioning and Refrigeration Institute — Washington, D.C
Alcan Aluminium Ltd. — Montreal, Quebec
Allen, Drerup, White — Toronto, Ontario
Bio-Shell Inc. — Montreal, Quebec
Critical Fluid Systems Inc. — Cambridge, Massachusetts
Energy, Mines and Resources Canada — Ottawa, Ontario
Galt Energy Systems Ltd. — Cambridge, Ontario
Harvest Fuel Ltd. — Toronto, Ontario
Heery Energy Consultants Inc. — Atlanta, Georgia
Hunter Enterprises — Orillia, Ontario
Industrial Research Centre — Ste-Foy, Quebec
International Development Research Centre — Ottawa, Ontario
Massachusetts Institute of Technology — Boston, Massachusetts
Mohawk Oil — Minnedosa, Manitoba
National Research Council of Canada — Ottawa, Ontario
Nova Energy Ltd. — Dartmouth, Nova Scotia
Ocean Thermal Corporation — New York City, New York
Public Works Canada — Ottawa, Ontario
Renewable Energy News — Ottawa, Ontario; Washington, D.C.
The Royal Bank of Canada — Toronto, Ontario
Ryerson Polytechnical Institute — Toronto, Ontario
Spectral Engineering Ltd. — Toronto, Ontario
Sudbury 2001 — Sudbury, Ontario
University of New Mexico — Albuquerque, New Mexico
Van Dusen Commercial Development (Canada) Ltd. — Ottawa, Ontario
Wellsdale Research Ltd. — St. Albert, Alberta

We are also indebted to Renewable Energy News, Ottawa, for the use of their photo library.

Conseil des sciences du Canada
Science Council of Canada

Énergie renouvelable :
L'innovation à l'œuvre

par
Jeff Passmore
Ray Jackson

Énergie renouvelable :
L'innovation à l'œuvre

Avril 1984

Réalisé par
Passmore Associates International, Ottawa (Canada)

Le Conseil des sciences du Canada met cette publication hors-série à la disposition des personnes ou groupes intéressés, en quantité limitée.

Les vues exprimées dans la présente publication sont celles des auteurs; elles ne reflètent pas nécessairement l'opinion du Conseil des sciences du Canada.

Vous pouvez vous procurer gratuitement des exemplaires de :
Énergie renouvelable : L'innovation à l'œuvre

auprès du :

Service des publications
Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa, Ontario
K1P 5M1

N° de catalogue SS21-4/10-1984F
ISBN 0-662-92632-3
© Ministre d'Approvisionnements et Services Canada, 1984

Couverture :
Vue partielle d'une des centrales photovoltaïques les plus puissantes au monde, l'usine de 350 kW de Martin Marietta, en banlieue de Ryadh, Arabie Saoudite.

Table des matières

	Page
Préambule — Faire un pas dans l'avenir	1
L'énergie renouvelable	3
Les applications photovoltaïques	5
Réflecteurs paraboliques et auges	7
Les étangs solaires	9
Étangs de gel	10
Production d'hydrogène à partir d'énergie solaire	10
Le chauffage de l'eau à l'aide de l'énergie solaire dans les secteurs commerciaux et industriels	11
Une boîte chauffante surisolée	12
Une ferme éolienne	15
Pompage de l'eau	16
Le vent souffle sur l'Europe	16
La voile, nouvelle aide à la navigation	18
Une cheminée solaire	18
La biomasse	21
Une «pelouse» d'arbres	21
La biomasse aquatique	21
Chauffage au bois	21
Combustible de pastilles de bois	22
Le fumier	22
Du méthane tiré des dépotoirs	22
L'ammoniac	23
Protopétrole	23
Conversion de méthane en méthanol	24
De l'éthanol provenant de la cellulose	24
Production d'éthanol par fermentation	24
Le petit-lait, source d'éthanol	24
Le topinambour	24
Le combustible à base de pomme de terre	25
Un avion mû à l'éthanol	25
Petites centrales hydroélectriques	27
La turbine hydraulique à axe vertical	27
Des turbines prêtes à fonctionner	28
L'énergie des vagues	28
Conversion de l'énergie thermique des océans	29
Les dirigeables réapparaissent	31
Un nouveau prisme éclairant	32
Un climatisateur à bloc de glace	32
Le volant accumulateur d'énergie	33
Le stockage d'énergie	34
La zéolite	34
Cellules à combustible	35
L'énergie géothermique	35
Chauffage solaire passif	37
Vitrage	37
Immeubles à faible consommation d'énergie	37
Échangeurs de chaleur	38
Les nouvelles thermopompes	39
Le réfrigérateur	39
L'efficacité énergétique	40
Remerciements	43

Une éolienne de 25 kW de Carter Wind Systems Inc., au Texas

Préambule—Faire un pas dans l'avenir

Quand les responsables de la planification se penchent sur l'avenir de leur domaine, ils s'inspirent naturellement de ce qu'ils savent déjà. L'énergie ne fait pas exception à cette règle. Lorsque les stratèges auxquels il incombe de déterminer les nouvelles sources possibles et la demande d'énergie entament leurs délibérations, les options qu'ils envisagent sont, en règle générale, celles qu'ils connaissent le mieux—celles qu'ils ont utilisées dans le passé. Après tout, il est difficile d'incorporer des technologies encore inconnues, qu'on n'a pas mis à l'épreuve et dont les résultats sont imprévisibles.

Le bouleversement qu'a connu le secteur de l'énergie, amorcé par la crise du pétrole déclenchée par l'OPEP en 1973, a placé la planification de la politique de l'énergie devant un dilemme. On a maintenant, en effet, l'embarras du choix en raison de l'imprévisible avalanche d'inventions qui se répercute tant sur l'offre que sur la demande. Ce raz-de-marée d'idées transforme le contexte dans lequel doit se faire la planification énergétique, caractérisée jusqu'ici par son habitude de se fier à des solutions centralisées, énormes, à fortes immobilisations de capitaux et exigeant de longs délais de mise en service. Or, il arrive que ces projets soient rendus périmés avant même d'être complètement concrétisés. Parfois, ce sont leurs coûts qui les rendent inabordables. Certaines des nouvelles idées peuvent être mises en application sans exiger une planification à long terme. Pareilles solutions—turbines éoliennes, cellules à combustible, petites installations hydroélectriques—peuvent se construire et entrer en service en quelques mois, au plus en un ou deux ans, par rapport à dix ans ou plus comme l'exige une centrale nucléaire ou une grosse centrale hydroélectrique.

La présente monographie se propose donc d'attirer l'attention sur le bouillonnement innovateur dans le domaine des énergies renouvelables et de brosser un tableau des solutions ingénieuses qui en sont issues, comme en témoigneront les quelque 50 exemples que nous illustrerons. Il ne s'agit donc pas de nous livrer à des analyses ou des descriptions techniques, mais bien d'explorer certaines des idées peu conventionnelles et même apparemment farfelues, tout en examinant aussi celles qui se sont déjà révélées prometteuses.

Nous nous pencherons surtout, dans les prochaines pages, sur les sources d'énergie qu'on appelle «renouvelables», y compris les améliorations en matière d'efficacité. Cela ne signifie pas que l'esprit inventif ne se soit pas manifesté dans les secteurs plus traditionnels—le charbon, le pétrole, le gaz, les grands projets hydroélectriques, la fission nucléaire—ou dans les établissements capables de mener à bien des perfectionnements dans le domaine des «grosses technologies». En effet, les recherches se poursuivent sur de nouveaux cycles de combustible pour les réacteurs à fission nucléaire, sur les réacteurs surrégénérateurs, ainsi que sur la mise au point possible de petits réacteurs autonomes qui produiraient uniquement de la chaleur. On envisage également d'énormes installations pour convertir le charbon, les sables et les schistes bitumineux en combustibles utiles. On se propose de recourir à des systèmes superconducteurs, refroidis à l'hélium jusqu'à des températures approchant le zéro absolu, pour des génératrices, des réseaux de transmission et le stockage. On fait état de projets visant à mettre en orbite des satellites qui capteraient l'énergie solaire dans de grands panneaux photovoltaïque et la transmettraient à la terre sous forme d'énergie électrique au moyen de faisceaux de micro-ondes. Et enfin, bien sûr, il y a la fusion nucléaire que l'imagination fertile et optimiste de certains ont transformée en panacée énergétique qui serait inépuisable, peu coûteuse, propre et sûre.

Néanmoins, la plupart des travaux dans ces secteurs, liés à des institutions déjà en place, sont probablement déjà assez connus et moussés. Bon nombre d'énergies

renouvelables demeurent moins connues, bien que certaines d'entre elles, à peine conçues il y a cinq ans, trouvent déjà des marchés en expansion rapide.

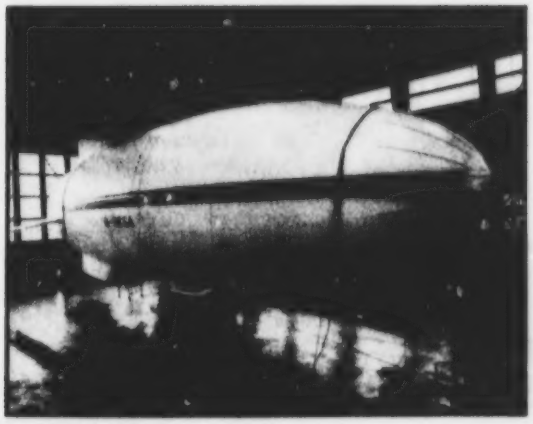
Il se pourrait bien qu'un fort pourcentage de ces nouvelles idées aboutissent à rien et que les responsables établis de la planification énergétique aient bien raison d'en être arrivés à un consensus visant à les ignorer. Pourtant, le consensus ne représente pas nécessairement une garantie d'infaillibilité. C'est parfois un simple mécanisme de solidarité face à l'inconnu, quand les solutions ne sont pas apparentes et les prévisions faciles. Des bataillons complets d'experts peuvent ainsi s'engager au pas cadencé dans la mauvaise direction. Un exemple frappant était la décision de l'Angleterre d'abandonner, en 1912, les efforts de mise au point d'aéronefs plus lourds que l'air pour concentrer toutes les ressources sur le perfectionnement des ballons.

Qu'on se rappelle également l'exemple de la biotechnologie, alors que des ingénieurs chevronnés juraient que le bilan énergétique du combustible à base d'alcool était négatif et qu'il ne restait plus rien à apprendre de la fermentation. On sait maintenant que ces experts n'avaient pu prévoir les nouveaux niveaux d'efficacité ni les nouvelles espèces de microbes qui interviennent aujourd'hui.

A longue échéance, la meilleure solution réside dans les énergies renouvelables ou quasiinépuisables. Or, il y a probablement des limites quant à la taille souhaitable de ces systèmes. C'est pourquoi nous avons inclus une section sur l'efficacité énergétique. En effet, si l'on ne fait pas en sorte que la demande d'énergie fléchisse—par l'amélioration de l'efficacité avec laquelle on l'utilise—la prolifération de grandes installations recourant à des énergies renouvelables, comme des plantations de biomasse, pourrait entraîner des effets nocifs sur l'environnement et le contexte social tout comme le font les combustibles classiques.

Si nous voulons que la situation énergétique du Canada se transforme radicalement d'ici 30 à 60 ans—c'est-à-dire qu'elle ne soit pas basée sur les combustibles fossiles non renouvelables—il nous faudra remanier notre façon de penser vis-à-vis de l'énergie. Nous ne pouvons nous permettre de fermer nos esprits à l'égard de ce qui nous semble nouveau. Nous ne pouvons nous permettre de concentrer toutes nos ressources sur une ou deux options qui pourraient bien se révéler être des éléphants blancs. Le manque d'attention envers les énergies renouvelables pourrait créer un fossé dangereux entre la situation que nous croyons percevoir et celle qui sévit réellement.

Note : La fermentation des idées est si vigoureuse qu'il n'est pas facile de garder à jour une publication comme la présente. Il ne peut s'agir que d'un regard rapide sur une situation qui évolue sans arrêt; nous nous excusons donc d'avance auprès des auteurs de toute innovation—peut-être d'un intérêt supérieur encore—qui a échappé à nos recherches ou qui survient le lendemain de la mise sous presse du présent ouvrage.



Les dirigeables

L'alcool carburant

L'énergie renouvelable

C'est le soleil qui est à l'origine de toute énergie renouvelable et c'est sous forme de rayonnement solaire que celle-ci nous parvient. Le soleil—qu'on compare souvent à une centrale nucléaire—produit en effet de l'énergie au rythme phénoménal de $3,8 \times 10^{23}$ kW. Une fraction extrêmement faible de cette énergie—$1,1 \times 10^{14}$ kW—traverse l'atmosphère de notre terre pour enfin parvenir à sa surface. Une certaine partie de cette énergie est stockée au sein des plantes, une partie sert à créer les courants atmosphériques, une partie donne naissance aux cours d'eau. On peut aussi tirer immédiatement profit de cette énergie en couvertissant les rayons solaires en chaleur ou en électricité.

La majeure partie de cette énergie n'est disponible que quelques heures par jour, à divers degrés d'intensité, et elle doit donc être utilisée sans délai ou encore être stockée. Le soleil nous fournit toutefois suffisamment d'énergie directe pour satisfaire à tous les besoins actuels et futurs d'énergie du monde entier. Selon les estimations, seulement un ou deux millièmes du rayonnement solaire incident frappant la terre sont utilisés. Pourtant, même si nous ne pouvions tirer profit que de 10 pour cent du rayonnement incident frappant un terrain de 160 sur 160 kilomètres, nous obtiendrions ainsi la même quantité d'électricité que les États-Unis peuvent produire à l'heure actuelle, à savoir 5×10^8 kW. Jusqu'ici, ce sont le stockage et le coût qui représentaient les principaux obstacles. Face à ce défi, les innovations en matière d'énergie se sont faites nombreuses, rapides et remarquablement originales. Nous en exposerons ici quelques-unes.

Queen's Univ., Belfast

L'énergie des vagues

Acurex

Les réflecteurs solaires cylindro-paraboliques

Emetteur radio relais à alimentation photovoltaïque

Les applications photovoltaïques

L'implantation de la technologie spatiale nous a habitués à la vue du panneau de cellules photovoltaïques—cet accessoire merveilleusement durable et d'utilisation si simple qui produit directement de l'électricité à partir du rayonnement solaire. Or, qui aurait pensé que cette source d'énergie qui se vendait 500 $ US le watt de crête en 1970 serait disponible pour 10 $ le watt de crête en 1984 et alimenterait non seulement des bouées de navigation de la Garde côtière canadienne et des émetteurs radio sur le sommet des montagnes, mais se retrouverait également sur le toit de milliers de domiciles aux États-Unis?

La maison photovoltaïque

La première maison complètement alimentée au moyen de cellules photovoltaïques a été construite à Phoenix, Arizona, en 1980. Deux ans plus tard, on en trouvait des milliers à travers les États-Unis; dans certains cas, leur propriétaire se trouvait dans la situation enviable d'être un producteur net d'électricité. La majorité de ces maisons sont situées dans des régions éloignées de la Californie; on prévoit d'ailleurs que cette source d'énergie fournira 11 pour cent de l'électricité de pointe en Californie d'ici l'an 2000. Consciente du besoin de rendre plus facile l'utilisation de la technique photovoltaïque par les constructeurs domiciliaires et les propriétaires, la Générale Electrique travaille à la mise au point de bardeaux photovoltaïques qui, à peine plus chers que les bardeaux ordinaires, comporteraient l'avantage de produire de l'électricité.

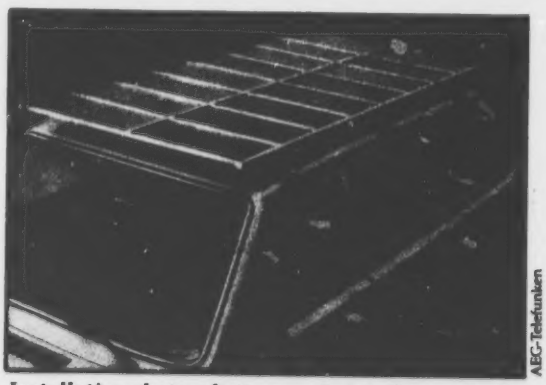
L'usine photovoltaïque

La première usine autonome au point de vue électrique a ouvert ses portes en octobre 1982 au Maryland (É.-U.) : le toit de l'usine de 2400 mètres carrés de la Solarex Corporation est recouvert de panneaux de silicium semi-cristallin et polycristallin fabriqués par cette même entreprise. Le réseau de 200 kW alimente complètement l'usine en électricité. Solarex espère commercialiser ce concept d'autonomie énergétique pour d'autres usines. Une génératrice de réserve entrerait en action si la demande excédait la capacité de production de la toiture et la capacité de stockage des accumulateurs. L'usine a été câblée en fonction de l'utilisation de courant continu dans tous les cas possibles, afin de réduire les pertes consécutives à la conversion en courant alternatif.

Automobiles photovoltaïques

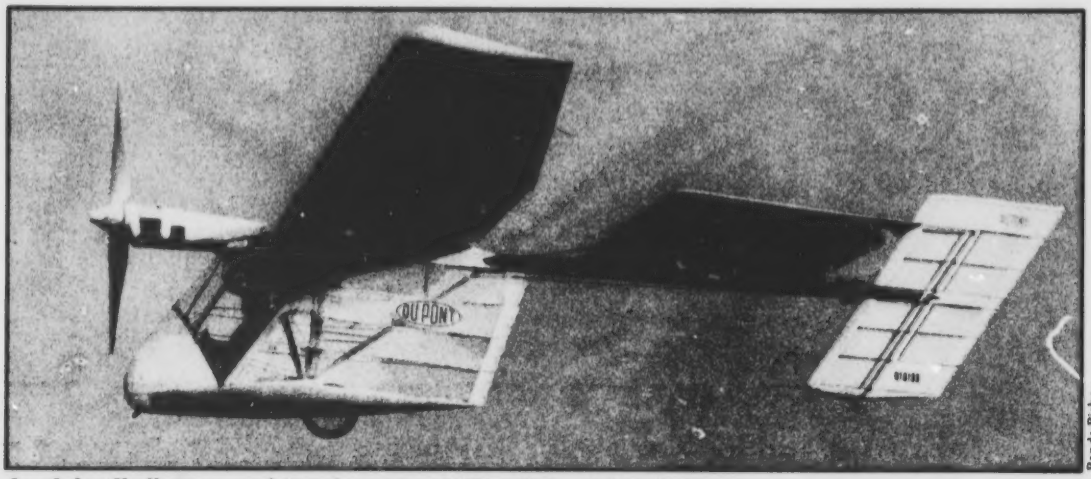
Prévoyant la situation qui prévaudra probablement dans cinq ans, les entreprises allemandes AEG Telefunken et Volkswagen étudient actuellement l'utilisation possible de systèmes d'alimentation photovoltaïque montés sur les toits des voitures. Un ensemble prototype de 160 watts monté sur une fourgonnette VW alimente l'accumulateur du véhicule, économisant ainsi l'essence que consommerait l'alternateur.

Les modèles d'automobile actuels consomment environ 250 watts pendant 300 heures en moyenne par année. Cela représente



AEG-Telefunken

Installation photovoltaïque sur le toit d'une auto



Randa Bishop

Le «Solar Challenger» en plein vol, avec ses 16 000 cellules photovoltaïques

75 litres d'essence, à savoir cinq pour cent de la consommation totale du véhicule en se fondant sur un parcours annuel moyen de 15 000 kilomètres. Dans le cas de certains véhicules électroniques que la General Motors et d'autres fabricants américains et européens mettent présentement sur le marché, le point tournant économique pour l'installation de systèmes d'alimentation photovoltaïque sur le toit pourrait se trouver plus près que nous ne le croyons.

Pendant l'été de 1983, un véhicule mû par des cellules photovoltaïques et fabriqué aux États-Unis a traversé l'Amérique du Nord, réussissant ce voyage de 4000 kilomètres en 18 jours. Alimenté directement par le soleil et dépourvu d'accumulateurs, ce véhicule devait peser moins de 500 kilos et coûtait moins de 15 000 $ U.S. La prochaine étape est une course transcontinentale de véhicules photovoltaïques, qui opposera Américains et Australiens.

Station-service solaire de 10 kWh

Le transport solaire

Qui aurait pensé qu'on puisse traverser la Manche, de la France à l'Angleterre, au moyen d'un avion mû par l'énergie solaire? Eh bien, cet événement a bien eu lieu, en juillet 1981, alors qu'un bimoteur entièrement alimenté par des cellules photovoltaïques a parcouru cette distance de 368 kilomètres à une vitesse de 50 km/h et à une altitude de 3350 mètres. Le pilote recourait à un wattmètre pour savoir comment régler le pas de l'hélice afin d'obtenir la puissance maximale.

Calculatrices solaires

La croissance rapide du marché des calculatrices solaires (photovoltaïques) n'est pas à négliger. Lancée à l'origine comme truc publicitaire par les Japonais, cette innovation a donné naissance à une affaire fructueuse : 25 millions de calculatrices ont été fabriquées en 1982, se traduisant par un bénéfice de 10 millions $ US pour l'industrie photovoltaïque japonaise.

Un poste d'essence photovoltaïque

Toujours au Japon, une filiale de la société Mobil Oil a récemment ouvert le premier poste d'essence photovoltaïque du pays. L'alimentation électrique de ce dernier—environ 10 kWh par jour—est assurée par 128 modules de cellules photovoltaïques à ruban de silicium, installés à l'arrière du bâtiment. Cette énergie sert à actionner les sept pompes d'essence et à fournir l'éclairage additionnel, à savoir environ 30 pour cent des besoins en énergie du poste d'essence.

Le véritable rôle de l'énergie photovoltaïque

Bien que les autos, les avions et les calculatrices alimentés au moyen de cellules photovoltaïques représentent des expériences amusantes et révélatrices, leur impact est minime en comparaison de la contribution énergétique que l'énergie photovoltaïque pourrait faire compte tenu des progrès qu'on réalise actuellement en matière d'efficacité et de coûts. De nouveaux procédés permettraient maintenant des degrés d'éfficacité de 25 pour cent en comparaison de 12 pour cent pour les cellules en silicium qu'on fabrique à l'heure actuelle.

L'installation photovoltaïque la plus grande au monde se trouve à Hesperia, dans le sud de la Californie. Sa puissance de crête est d'un mégawatt, mais son créateur et propriétaire, Arco Solar, a entrepris en novembre 1983 la construction d'une installation qui, vers la fin de 1984, pourrait produire 16 MW.

De fait, l'évolution de la technique photovoltaïque est encore plus rapide qu'on ne peut la faire connaître. Il s'agit d'une véritable révolution dont il nous faudra tenir compte dans notre planification des options énergétiques futures. On estime que plusieurs procédés photovoltaïques dont la mise au point commerciale est à divers stades d'avancement—toile ou ruban de silicium, polycristaux grossiers et silicium amorphe—contribueront à l'atteinte du prix fixé par le ministère de l'Énergie des États-Unis pour le watt de crête en 1986, à savoir 70 cents. On pourra alors installer un système complet pour le prix d'environ 3 $ canadiens le watt de crête, c'est-à-dire un prix comparable ou inférieur à celui d'un nouveau système central d'alimentation électrique.

En septembre 1983, on comptait 1500 installations photovoltaïques confirmées au Canada, dont 400 servent à alimenter en électricité les bouées de navigation de la Garde côtière canadienne. On estime qu'il en existerait environ 500 autres qui n'ont pas encore été signalées officiellement.

Le ruban solaire «ovonic» flexible d'Energy Conversion Devices

L'installation photovoltaïque qu'on croit être la plus septentrionale du monde se trouve à 78° nord de latitude—non loin du pôle magnétique. Ce panneau Solarex simple, d'une capacité de 32 watts, sert à alimenter une station météorologique automatique qui contrôle la température et la vitesse du vent, ainsi que sa direction, à Malloch Dome. Le panneau a été mis en place pendant l'été de 1983 et est doté de deux accumulateurs au plomb d'appoint qui lui permettent de fonctionner à longueur d'année. Cette installation est l'oeuvre de la firme albertaine Wellsdale Research Ltd., qui s'est spécialisée dans les travaux de ce genre.

Réflecteurs paraboliques et auges

Les collecteurs solaires plans étaient les premiers capteurs de chaleur solaire. Depuis trois ans, néanmoins, les innovations en matière de concepts de collecteurs solaires et de matériaux à surface sélective se sont traduites par des auges paraboliques à focalisation, des mécanismes automatiques de poursuite et des collecteurs à réflecteurs paraboliques à concentration ponctuelle. Une nouveauté de la firme Power Kinetics Corporation, de Troy (État de New York) est un réflecteur parabolique de 80 m² qui se vend 37 000 $ US et qui a une puissance de crête de 59 kW avec une efficacité mesurée de 74 à 79 p. 100. Cet appareillage peut donner naissance à des températures de 800°C et peut concurrencer la plupart des autres combustibles dans plusieurs régions éloignées des États-Unis.

Bien que des concentrateurs à réflecteurs de cette taille puissent engendrer des concentrations équivalentes à 1000 soleils, il est plus commun d'en arriver à de très hautes températures en focalisant les rayons solaires sur un capteur central à partir d'un champ de miroirs de poursuite appelés héliostats. Au Japon, en France et en Espagne, on utilise ce genre d'héliostats pour exploiter des centrales solaires d'une capacité dépassant le mégawatt. Pour sa part, la Southern California Edison envisage la construction d'une centrale de pointe de 100 MW d'ici 1988 en recourant à l'énergie solaire plutôt qu'à des turbines à gaz alimentées au pétrole.

Il se pourrait bien que des bricoleurs créatifs introduisent des innovations capables de concurrencer efficacement ces systèmes perfectionnés, surtout dans le secteur de la production directe de hautes températures. Un résident de l'état de Washington, Doug Wood, a construit son propre concentrateur à réflecteur au moyen de tuyaux et de sections

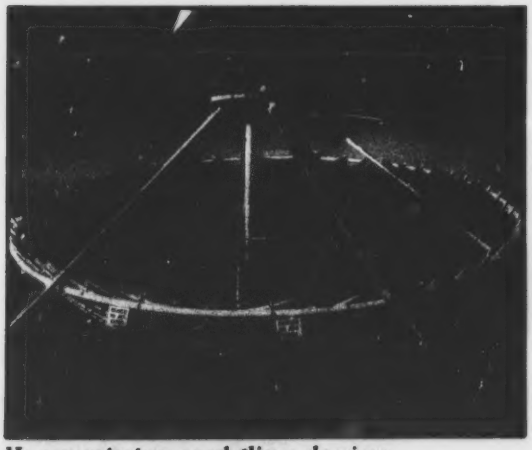
Honeywell

Le système Honeywell à 252 concentrateurs paraboliques, à Minneapolis

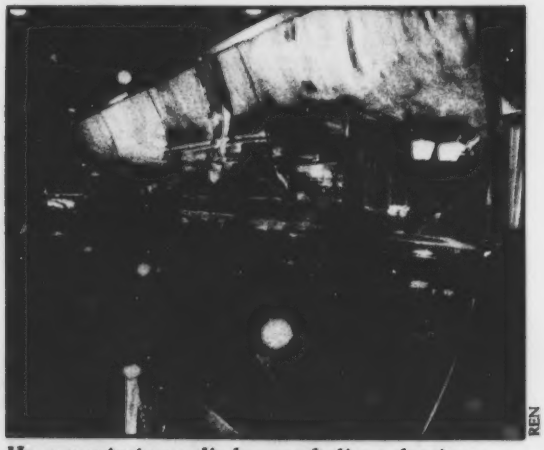
peu coûteuses de verre reflétant. Il obtient 40 kW. Le réflecteur parabolique a fait l'objet de commentaires élogieux, tant au pays qu'à l'étranger, car des essais indépendants ont démontré qu'il pourrait se révéler très rentable dans certains cas pour le remplacement des combustibles fossiles. On procède actuellement à une campagne de financement en vue d'améliorer le produit, dont on prévoit entreprendre la commercialisation à l'automne 1984.

Une autre initiative recourt à des collecteurs à auges paraboliques de 20 pieds; une huile spéciale à haut pouvoir absorbant de chaleur passe dans un tube d'acier mince situé juste au point de concentration. L'huile ainsi chauffée (jusqu'à 300°C) est pompée à travers un échangeur de chaleur où elle transforme de l'eau en vapeur. Cette vapeur peut être utilisée comme telle ou encore servir à actionner des turbines pour produire de l'électricité. Bien que certains estiment ce système plus efficace de 20 p. 100 que ses concurrents, il ressemble sous plusieurs aspects aux autres réflecteurs paraboliques mis au point dernièrement. Cette technologie existe déjà depuis quelques années, mais son application générale ne fait que débuter.

La Luz International, société ayant des sièges sociaux tant en Californie qu'en Israël, s'est récemment associée avec Cogeneration National Corporation of California et, ensemble, elles ont conclu une entente avec la Southern California Edison : elles fourniront à



Un concentrateur parabolique classique



REN

Un concentrateur cylindro-parabolique classique

cette dernière 14,7 MW d'électricité au moyen du système à collecteurs paraboliques décrit ci-dessus. Cette puissance suffira à alimenter 18 600 maisons typiques et représente l'un des plus gros contrats d'achat d'énergie solaire jusqu'ici. La puissance du système pourrait être graduellement portée à 49 MW, selon le succès du stade initial. Son entrée en service est prévue pour décembre 1984. Bien que les concepts initiaux dans le domaine des réflecteurs et des auges aient été basés sur la notion de caractéristiques optiques idéales, exigeant une concentration exacte, pareille perfection nécessitait la mise au point de mécanismes de poursuite capables de suivre exactement les déplacements du soleil. L'innovation relative au système Luz réside dans la décision de repenser les caractéristiques optiques de sorte que la concentration ne soit pas obligatoirement si parfaite, ce qui permettait d'éliminer le besoin du mécanisme de poursuite, avec toutes ses difficultés inhérentes. Ainsi modifiées, les caractéristiques optiques plus souples permettent néanmoins aux réflecteurs et aux auges de réaliser une concentration thermique suffisante pour la plupart des usages auxquels ils sont destinés.

Les étangs solaires

L'une des techniques de production d'énergie solaire qui connaît l'essor le plus rapide au début des années 80 est l'étang salé solaire, dont on peut tirer de la chaleur à longueur d'année, nuit et jour. Ce procédé recourant à un grand trou à fond noir et à paroi de plastique, creusé dans le sol et rempli d'eau salée pourra, selon les Israéliens, satisfaire à 20 pour cent des besoins en énergie de leur pays d'ici l'an 2000.

Tant le rayonnement solaire direct que le rayonnement diffus réchauffent le fond de cet étang, où l'eau devient plus chaude que celle des diverses couches supérieures. Cette eau plus chaude dissout plus de sel, devient plus dense et supprime ainsi le transfert de chaleur par convection vers la surface. La couche d'eau douce située à la surface de l'étang sert d'isolant transparent. La hausse de température au fond de l'étang est graduelle, mais elle peut néanmoins atteindre le point d'ébullition au bout de quatre à six mois. Des filets et des stabilisateurs verticaux peuvent réduire davantage la convection et le mélange du sel qui pourraient résulter de l'action des vents. La grande masse thermique de l'étang permet le stockage de la chaleur pour qu'on puisse l'utiliser pendant la nuit et les saisons moins ensoleillées. De fait, en cas de panne d'électricité ou de crise d'un autre genre, les étangs pourraient fournir de l'énergie récupérable pendant des semaines ou même des mois.

Un étang bien conçu convertit de 20 à 30 pour cent du rayonnement solaire total en chaleur utilisable grâce à l'utilisation d'un simple échangeur de chaleur recourant à des tuyaux placés près du fond de l'étang. En recourant à une turbogénératrice fonctionnant à basse température, on peut convertir l'énergie thermique en électricité même à des

Un étang solaire à la centrale pilote de Yavne (Israël). L'éclairage est alimenté par l'électricité provenant de l'étang.

températures ne dépassant pas 70°C. Sept étangs solaires ont été aménagés en Israël. A Ein Bokek, près de la Mer Morte, un étang de 7500 mètres carrés produit 35 kW d'électricité continuellement, avec une puissance de crête de 150 kW. Un étang encore plus grand—250 000 mètres carrés—était supposé commencer à produire 5 MW d'électricité en septembre 1983.

Ce n'est pas seulement dans les déserts qu'on peut se tourner vers les étangs solaires. Mentionnons, par exemple, que la ville de Miamisburg (Ohio) exploite depuis 1978 de façon réussie un étang de 0,2 hectare. Même quand la surface de l'étang était recouverte de glace, en février, la température du fond atteignait 28°C. Le coût total, occasionné surtout par les 1100 tonnes de sel et le revêtement de plastique, s'établissait à 34,50 $ U.S. le mètre carré. Les frais d'entretien sont négligeables. La chaleur ainsi fournie équivalait à de l'électricité coûtant aussi peu que 3,1 cents le kWh.

D'autres projets d'étangs solaires, dont certains serviraient au chauffage de secteur, se poursuivent sous des climats nordiques nuageux, tandis que le CalTech Jet Propulsion Laboratory, le Los Alamos National Laboratory, la California Energy Commission et la Southern California Edison Company continuent de mener des travaux de recherche et de développement.

C'est à Atlanta (Géorgie) que pourrait bien être aménagé le plus grand étang solaire à gradient de sel aux États-Unis. En effet, la Heery Energy Consultants Inc. a conçu un étang de 0,4 hectare d'une profondeur de 3,4 mètres, qui fournirait la chaleur requise pour le stockage de produits chimiques utilisés par des producteurs locaux de gomme à mâcher, de boissons gazeuses, de solvants nettoyants, ainsi que par d'autres industries. La firme Heery cherche présentement à obtenir la participation de la Georgia Power Company en vue de l'exécution du projet grâce à des efforts de financement du secteur privé. Cet étang pourrait produire des températures de 38°C à 93°C et sera doté d'une chaudière à gaz d'appoint.

Étangs de gel

L'étang solaire de gel est une version de l'étang solaire qui élimine certains des problèmes inhérents au stockage du sel, à l'évaporation en surface et au mélange dû à l'ébullition de la couche d'eau du fond.

Mis au point récemment à l'Université du Nouveau-Mexique, à Albuquerque, l'étang de gel ne comporte que deux couches ou zones. La zone convective du fond est homogène et pratiquement saturée du sel. La zone supérieure non convective consiste en un gel polymère optiquement transparent, élastique, extrêmement visqueux, parfois solide, mais moins dense que la zone saline. Bien qu'elle permette le passage du rayonnement solaire, la couche supérieure sert d'isolant et emprisonne la chaleur dans la couche saline.

Contrairement aux étangs solaires classiques, ce nouveau concept empêche la pénétration de la poussière, réglant ainsi l'opacité. La perte de stratification due au mélange n'est plus possible et il n'est pas nécessaire de recourir au traitement du sel pour en maintenir le gradient. Quelques centimètres d'eau douce circulent au-dessus du gel pour qu'il ne sèche pas et pour en nettoyer la surface des débris.

Pour être approprié, le gel polymère doit être très transparent au rayonnement solaire, stable sous le rayonnement ultraviolet, non biodégradable et non toxique dans la gamme des conditions d'exploitation. Un polymère de ce genre, peu coûteux et facile à obtenir, est utilisé dans un étang de gel au Nouveau-Mexique, depuis 1981. Jusqu'ici, il s'est révélé environ deux fois plus efficace par unité de surface que l'étang salé pour recueillir la chaleur du rayonnement solaire. Un étang de gel à vocation industrielle, de 70 mètres carrés, est à l'essai près de Las Cruces (Nouveau-Mexique).

Nous en avons encore beaucoup à apprendre sur les étangs des deux types. Leur principal avantage est de pouvoir satisfaire, à titre de système d'énergie renouvelable, aux besoins particuliers d'une situation locale. Sur certains sites, dans les circonstances appropriées, leur potentiel de production de chaleur et d'électricité pourrait se révéler énorme.

Production d'hydrogène à partir d'énergie solaire

Depuis deux ou trois ans, on entend énormément parler du «cycle économique de l'hydrogène». Bien que l'hydrogène ne soit pas une source d'énergie (il faut dépenser de l'énergie pour produire de l'hydrogène), c'est un médium de stockage ou de transport d'énergie des plus utiles. On peut le tirer d'une grande variété de sources, comme l'eau, le charbon et le gaz naturel, on peut l'employer à une large gamme d'utilisations et il brûle proprement—son seul produit secondaire est l'eau, et non du CO_2.

On considère généralement l'électricité comme moyen idéal de production de l'hydrogène. Le procédé comporte l'électrolyse de l'eau. De fait, l'Ontario a virtuellement décidé de produire de l'hydrogène à partir d'énergie nucléaire assignée. Pourtant,

l'expérience acquise avec les usines d'électrolyse commerciale produisant de l'hydrogène en vue de la production d'ammoniac a révélé qu'il s'agissait d'un procédé relativement dispendieux.

On peut également produire de l'hydrogène par oxydation partielle d'hydrocarbures. Le procédé nécessite le chauffage d'un mélange vapeur-gaz naturel ou pétrole brut pour provoquer le dégagement de l'hydrogène. Ce procédé est connu sous le nom de réaction eau-gaz. Or, cette méthode comporte le désavantage de recourir à des combustibles fossiles. On n'a pas exploré de façon très vigoureuse les moyens de produire l'hydrogène grâce à des énergies renouvelables. Pourtant, ces procédés pourraient se révéler plus propres et beaucoup plus efficaces que les méthodes actuelles.

On travaille à la mise au point d'au moins deux autres méthodes de tirer de l'hydrogène de l'énergie solaire. Une équipe de chercheurs de l'Université de la Californie (Berkeley) a fabriqué des électrodes d'oxyde de fer et d'autres matériaux peu coûteux; quand on les immerge dans une solution de sulfate eau-sodium et qu'on les expose à la lumière du soleil, elles décomposent l'eau en hydrogène et en oxygène. Pour sa part, une équipe du Texas A & M Hydrogen Research Center recourt à la technique photovoltaïque pour extraire l'hydrogène de l'eau à un prix qui, selon elle, s'établit à 1 $ pour une quantité d'énergie équivalente à quatre litres d'essence. Alors que les travaux antérieurs dans ce domaine étaient basés sur l'utilisation de composants coûteux comme le platine et une source de rayonnement ultraviolet, l'attrait de la découverte de l'équipe de Berkeley réside dans l'utilisation de matériaux peu coûteux et très abondants et la lumière visible pour décomposer l'eau. Un courant d'électrons est créé au moment où le rayonnement solaire frappe les électrodes d'oxyde de fer, l'une chargée positivement grâce à de minimes quantités de magnésium, l'autre négativement au moyen de silicium. La création de l'hydrogène gazeux se fait quand les ions d'hydrogène aqueux capturent les électrons libres. L'hydrogène gazeux peut remplacer le gaz naturel ou encore être liquéfié pour devenir un combustible propre et très volatile pour les moteurs à combustion interne.

Entretemps, aux laboratoires de Texas A & M, on atteint des taux d'efficacité de conversion de 13 p. 100 au moyen de cellules photovoltaïques de silicium monocristallin immergées dans une solution d'eau et d'acide sulfurique. Alors que les travaux de Berkeley pourront peut-être déboucher sur d'importantes possibilités à longue haleine de produire de l'hydrogène au moyen d'énergie solaire peu dispendieuse, l'équipe de Texas A & M espère que sa solution donnera naissance à de vastes applications commerciales d'ici 1990.

Le chauffage de l'eau à l'aide de l'énergie solaire dans les secteurs commerciaux et industriels

Quand on a demandé, en mai 1982, des propositions en matière de chauffage de l'eau à l'aide de l'énergie solaire, dans le cadre de l'Entente Canada-Ontario de projets de démonstration pour la conservation et les énergies renouvelables, les critères d'acceptation comprenaient un coût maximal d'installation de 700 $ le mètre carré et de 500 $ par gigajoule/année de capacité. On ne s'attendait certes pas, alors, que les coûts d'installation moyens des 26 projets choisis s'établiraient à 520 $ le mètre carré et que le prix de revient du gigajoule/année serait de 188 $ en moyenne. A l'heure actuelle—fin de 1983—les critères gouvernementaux exigent un coût d'installation inférieur à 200 $ par gigajoule/année : on parle même de moins de 90 $ le gigajoule/année pour certaines installations. Il s'agit donc d'une surprise de taille pour ceux qui estimaient que l'énergie solaire n'était pas concurrentielle car, une fois le gigajoule/année réalisable pour moins de 200 $, la rentabilité d'un tel système sur sa vie économique est comparable à celle que permettent d'obtenir les autres combustibles. L'un des projets les plus rentables, une pisciculture ontarienne à Ferversham, recourt à des collecteurs solaires plans pour chauffer de l'eau au prix de 94 $ le gigajoule/année.

Une autre innovation intéressante menée à bien grâce à l'entente Canada-Ontario se trouve à Hamilton (Ontario), à la buanderie de Mohawk Hospital Services Inc. Il s'agit du système de chauffage solaire le plus grand au Canada—2011 mètres carrés—et l'un des plus grands au monde. Construit pour la somme de 1,3 million de dollars, l'installation fournira 15 pour cent de l'eau chaude nécessaire à la buanderie et permettra d'économiser l'équivalent de 1270 barils de pétrole par année. On a calculé un délai de récupération de 15 ans pour l'installation.

On peut parler d'innovation, car c'est la première fois qu'un projet solaire de ce genre élimine la nécessité de systèmes de stockage d'eau fort dispendieux. En conséquence, il s'agit de l'une des utilisations de l'énergie solaire les plus rentables au Canada en ce moment. Le système de stockage d'eau ne s'impose pas, car la buanderie fonctionne pendant la journée, à raison de 10 heures par jour, 363 jours par année. On procède au préchauffage d'environ 585 000 litres d'eau de

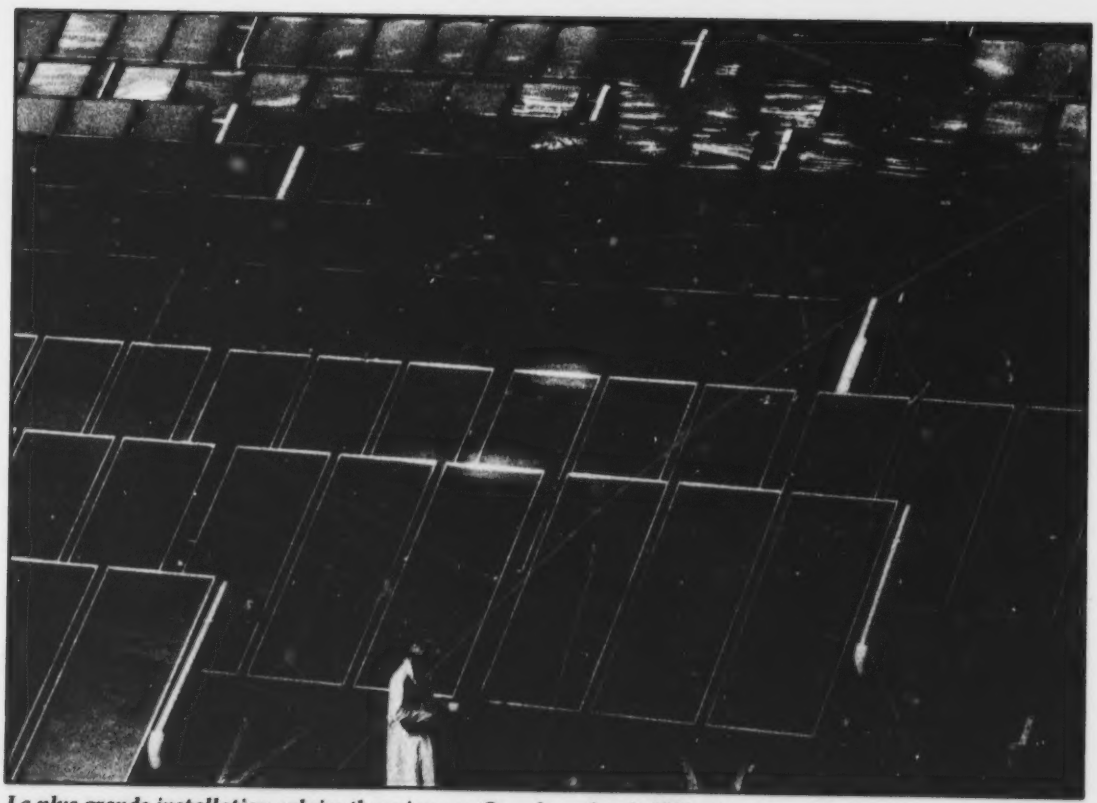
lavage chaque jour, ce qui réduit les besoins en vapeur de Mohawk et se traduit par des économies de 35 000 à 40 000 $ au cours de la première année.

Grâce à des matériaux économiques et à des méthodes peu coûteuses d'installation au sol, on a pu éviter les dépenses considérables qu'aurait entraînées l'installation des collecteurs sur le toit, car le poids additionnel aurait nécessité des rénovations considérables aux bâtiments existants.

Jusqu'ici, on a procédé à l'installation d'environ 75 000 mètres carrés de collecteurs solaires plans vitrés au Canada.

Une boîte chauffante surisolée

Les cuisinières solaires recourent à un moyen ou un autre de concentrer la chaleur en un point focal. Maintenant, l'Institut Polytechnique de Ryerson, à Toronto, se penche sur la mise au point d'une cuisinière dont l'efficacité reposera sur sa capacité de conserver sa chaleur, plutôt que de focaliser le rayonnement solaire. En recourant simplement à de bons isolants et à une étanchéité poussée pour s'assurer que la chaleur ne s'échappe pas du four, on réussit à atteindre des températures de 150 à 200°C. Un de ces appareils, de la grosseur d'une mallette, se base sur l'utilisation du verre, de peinture noire dans le four et de deux pouces d'isolant en polyuréthane. Si l'on utilisait une surface sélective, on pourrait hausser la température de 10 à 20°C de plus. Selon les fabricants de cet appareil, son principal avantage par rapport aux cuisinières à concentration réside dans le fait de ne pas avoir à s'orienter sur les déplacements du soleil. La «boîte isolée» est moins sensible à de telles fluctuations. Selon l'Institut de Ryerson, quelques fabricants ont manifesté de l'intérêt envers ce produit, estimant qu'il serait des plus utiles pour les campeurs nord-américains. L'Institut de recherche Brace, de Montréal, fait également des recherches sur la cuisinière solaire isolée. Le modèle qu'on y étudie serait conçu surtout à l'intention des pays en voie de développement.



La plus grande installation solaire thermique au Canada – plus de 2000 mètres carrés

Quelques-unes des 600 turbines de 50 kW de la U.S. Windpower Inc., dans une ferme éolienne de Californie

Une ferme éolienne

Le grand avantage de l'énergie éolienne (du type classique) est de tirer une quantité considérable d'énergie de machines relativement petites. A l'heure actuelle on trouve plus d'une douzaine de projets de ce genre en Californie, par suite d'une étude terminée en 1981 par la Commission d'énergie de la Californie, démontrant un potentiel cumulatif de 5580 MW d'énergie éolienne dans cinq comtés et 7377 MW de potentiel «probable» ailleurs dans cet état. Les autorités californiennes prévoient donc tirer 10 pour cent de leur énergie électrique de moulins à vent d'ici l'an 2000. Déjà, dans un rayon de deux heures et demie de voiture de San Francisco, on peut trouver quelque 1000 turbines éoliennes de 16 fabricants différents. Jusqu'ici, il existe une capacité installée de plus de 100 MW aux États-Unis. Hawaï est un autre état qui envisage le recours à l'énergie éolienne; on espère satisfaire ainsi à 10 pour 100 des besoins énergétiques d'ici 1990.

La U.S. Windpower Inc. a la distinction d'exploiter le plus grand réseau de turbines jamais construit—plus de 600 génératrices de 50 kW dont on tire des ventes d'électricité de près de cinq millions de kilowatts/heure à la Pacific Gas and Electric. La firme envisage d'ici 1985 un autre projet dont elle tirerait 100 000 kWh/année. C'est la même compagnie qui avait procédé à la mise sur pied de la première ferme éolienne à Crotched Mountain (New Hampshire), qui recourait à 20 éoliennes de 30 kW. Entre janvier et octobre 1981, cette installation avait produit 47 000 kWh, dont 18 000 avaient été vendus à la commission électrique du New Hampshire à raison de 7,7 cents/kWh. La Southern California Edison achète également de l'énergie éolienne et envisage d'accroître ses achats. Pour sa part, la Bonneville Power Administration exploite trois éoliennes d'une capacité de plusieurs mégawatts dans la Columbia River Gorge, État de Washington.

Bien qu'aucune étude récente n'ait évalué le potentiel éolien du Canada, une étude parrainée par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources en 1981 l'avait estimé à 6000 MW d'ici l'an 2000 et à 17 000 MW d'ici l'an 2020.

La société DAF Indal Ltd., de Mississauga (Ontario), est l'une des entreprises canadiennes qui s'intéressent intensément à la mise au point d'éoliennes. Depuis 1974, la DAF s'est occupée de la conception, de la mise au point et de la fabrication du rotor Darius à axe vertical (RDAV). Grâce à l'étroite collaboration du Conseil national de recherches du Canada, la DAF a pu mettre au point et installer de

L'éolienne de type Darrieus

Australian Information Service

Une pompe à eau aéromotrice, en Australie

FDO/ECN

Un prototype hollandais de 300 kW de 1981

nombreux RDAV un peu partout dans le monde, y compris 13 appareils de 50 kW de capacité au Canada, aux États-Unis, en Australie et en République d'Irlande. En outre, 1983 a vu l'installation de deux éoliennes de 500 kW. Ces dernières (de la série 6400) sont munies d'une instrumentation permettant de mesurer le couple de l'arbre à hautes et basses vitesses, la puissance électrique de sortie et la vitesse de l'arbre. Il s'agit du premier modèle commercial offert par cette société dont les plans de commercialisation englobent deux domaines—les fermes «éoliennes» et les systèmes à biénergie vent-diesel.

Pompage de l'eau

Bien qu'il reste encore quelques milliers des installations de pompage d'antan, la réapparition de cette technologie est remarquable. La Wind Baron Corporation de Phoenix (Arizona) signale, par exemple, que l'utilisation de contrepoids réglables pour compenser la colonne d'eau permet de pomper de l'eau d'une profondeur de 90 mètres même si la vitesse du vent n'est parfois que de huit kilomètres par heure—vitesse qu'on retrouve dans 90 p. 100 du temps sur plus de 94 p. 100 de la surface de la planète. Selon le Worldwatch Institute de Washington (D.C.), il y a environ un million de petits moulins à vent servant à pomper de l'eau pour le bétail, l'irrigation et la consommation humaine dans les régions rurales à travers le monde. L'Institut prévoit que, d'ici la fin du siècle, environ 100 millions de fermiers et de villageois—surtout dans les pays en voie de développement—bénéficieront de ce genre d'énergie éolienne.

Le vent souffle sur l'Europe

La Hollande, qui à une certaine époque pouvait s'ennorgueillir de ses quelque 9000 moulins à vent, envisage maintenant de reprendre son rôle de chef de file dans le secteur de l'énergie éolienne. De fait, selon un projet optimiste, on prévoirait la mise en place de 20 000 éoliennes reliées au réseau électrique d'ici la fin du siècle.

Un autre projet envisage le branchement de 500 éoliennes au réseau national, auquel elles injecteraient 1200 MW ou, en période de faible demande, l'acheminement de cette énergie sous forme d'eau pompée dans un réservoir de stockage de 27 km² jusqu'à un niveau de 24 mètres au-dessus du niveau du lac. Quand la vitesse du vent diminuerait, l'eau emmagasinée dans le réservoir retournerait au lac en passant par des turbines. Il faudra encore beaucoup de travail pour déterminer la faisabilité du projet, mais le gouvernement

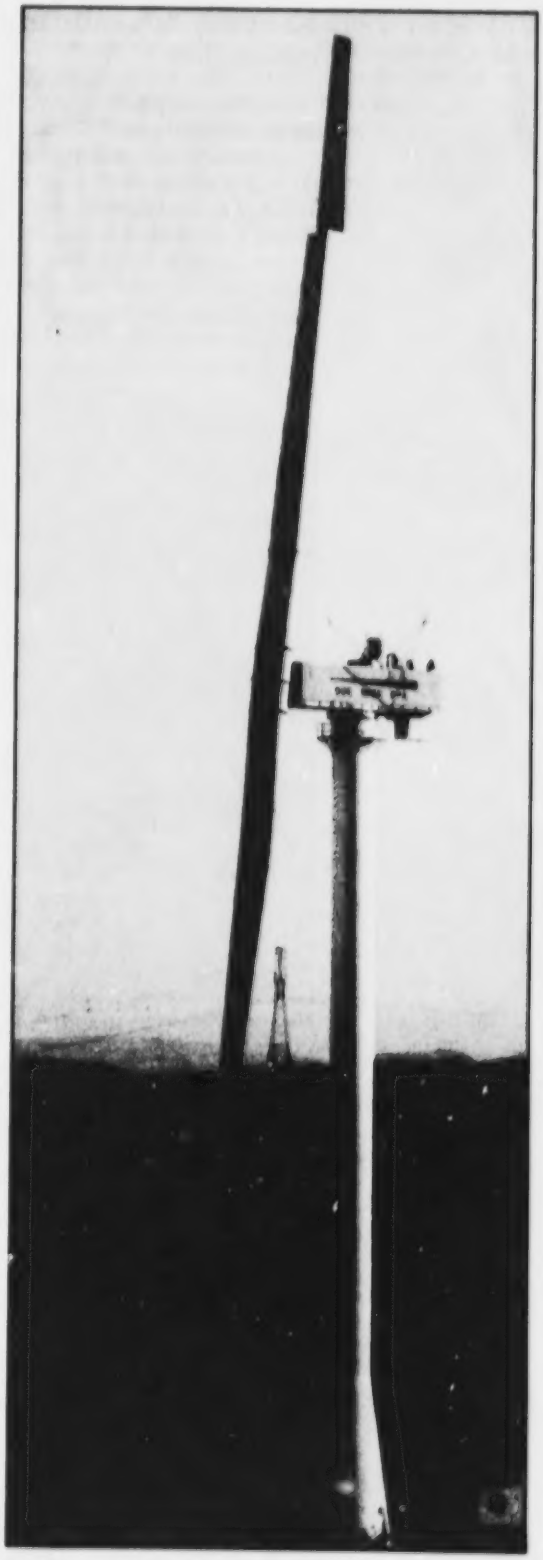
hollandais a approuvé l'aménagement d'un parc d'éoliennes à Sexbierum, sur la côte de la Mer du Nord. Sa construction devrait débuter en 1984. Le parc comprendra environ 25 turbines de 300 à 500 kW, d'une capacité globale de 10 MW.

La conception d'une éolienne hollandaise d'un MW vient d'être terminée et un prototype devrait entrer en service au cours de 1984. Il s'agit d'une machine à axe horizontal et à deux pales, munie d'un rotor de 45 mètres de diamètre. Une éolienne de 3 MW fait également l'objet de recherches actuellement.

C'est cependant en Allemagne de l'Ouest, en octobre 1983, qu'est entrée en exploitation la plus grande éolienne d'Europe. Cette machine de 3 MW, d'une hauteur de 100 mètres, alimentera en électricité 2500 foyers du secteur de Wilhelmshaven.

C'est également en Allemagne que l'ingénieur Gunther Wagner travaille à la mise au point d'un moulin à vent d'un modèle inusité. Au lieu de l'hélice d'avion classique à deux pales sur le même axe, cette éolienne est dotée d'un rotor comportant deux pales montées à un angle de 110° l'une de l'autre et tournant autour d'un axe de 55° par rapport à l'horizontale; il s'ensuit qu'une pale est pratiquement verticale quand l'autre est à l'horizontale. Cette conception élimine la tour que doivent comporter les éoliennes classiques à axe vertical ou horizontal et permet d'installer au sol les rouages et les génératrices. Cela signifie également qu'on peut recourir à des pales peu coûteuses et plus durables que celles des éoliennes classiques, plus fines et plus dispendieuses. Bien que la faible hauteur de ces moulins à vent exige l'installation de pales environ deux fois plus longues qu'elles ne le seraient autrement, l'ingénieur Wagner n'y voit pas là un sérieux désavantage : il se propose d'installer ses machines à bord de grands bateaux ou chalands ancrés au large, profitant ainsi des vents plus forts et plus réguliers. Le plus grand prototype Wagner construit jusqu'ici est une éolienne de 250 kW qui fonctionne de façon réussie sur la Mer du Nord.

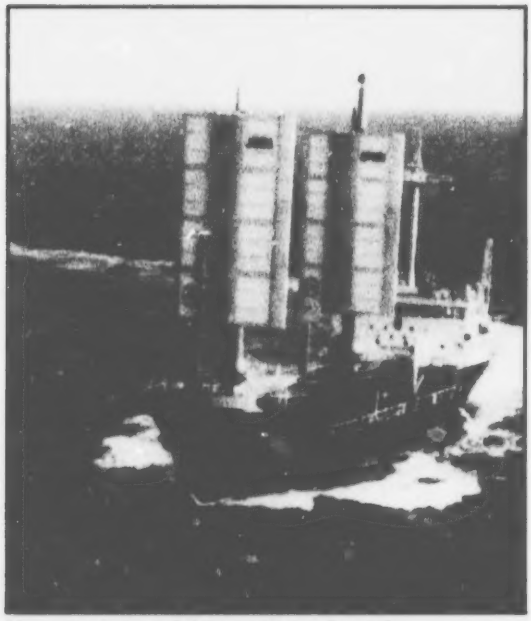
Le Danemark est un autre pays qui s'intéresse de près à l'énergie éolienne; les Danois prévoient en tirer 10 p. 100 de leur électricité d'ici l'an 2000. Pour le moment le gouvernement accorde des subventions pour l'installation de 30 modèles approuvés de moulins à vent, et environ 700 d'entre eux ont été mis en place, surtout dans des fermes, en réponse à ce programme gouvernemental. Le délai de récupération moyen est de cinq ans et la plupart des appareils sont conçus pour se brancher au réseau national. D'ici 1986, le Danemark entend consacrer 40 millions de dollars à la construction de 20 à 25 éoliennes de 600 à 1000 kW.



L'éolienne MOD-2 de Boeing Engineering, une turbine de 2,5 MW qui fait partie d'une ferme éolienne fournissant de l'électricité à la Bonneville Power Administration, Washington

La voile, nouvelle aide à la navigation

En 1980, les Japonais lançaient un pétrolier de 66 mètres et de 3000 tonneaux recourant à un gréement automatique avec une économie de combustible de 10 pour cent. En 1981, la Wind Ship Development Corp., de Norwell (Mass.), emboîtait le pas en équipant de la même façon le cargo grec de 65 mètres, le Mini-Lace. Cette réalisation fut choisie par l'association nationale des ingénieurs professionnels des États-Unis au nombre des 10



Un cargo à propulsion assistée à la voile

exploits techniques de l'année, au même titre que la navette spatiale. D'autre part, le capitaine d'un remorqueur de 16 mètres dont le port d'attache se trouve dans la baie de Chesapeake (États-Unis) affirme attribuer une économie de 20 à 25 pour cent sur ses frais d'exploitation à l'installation de 130 mètres carrés de voile. Son bateau ne nécessite pas d'équipage additionnel et peut servir au remorquage, à la pêche et au cabotage.

Une étude faite en 1981 pour la U.S. Maritime Agency, intitulée «Wind Propulsion for Ships of the American Merchant Marine», fait ressortir les points suivants:

- s'ils sont bien conçus, les gréements automatiques sont stables et fiables, n'exigent pas d'équipage additionnel et présentent des avantages quand on les utilise de concert avec la propulsion classique à hélice;
- les gréements à voiles triangulaires offrent la plus grande simplicité, le meilleur rendement et la rentabilité la plus avantageuse;
- les gréements d'appoint permettent des économies globales de cinq à quinze pour cent, y compris des économies de combustible de 20 à 30 pour cent.

L'élément clé du succès des gréements d'appoint est l'ordinateur. Les voiliers classiques exigeaient des équipages importants. Or, un système britannique conçu par Walker Wingsail Co. recourt à une voilure sustentatrice, ainsi qu'à un ordinateur et à des servomoteurs pour garder les voiles étarquées. La firme estime que cette voilure fournira une poussée deux fois supérieure à celle du gréement d'un voilier classique du type «windjammer», fournissant une propulsion additionnelle aux navires commerciaux et permettant aux armateurs des économies d'au moins 20 pour cent sur les dépenses totales en combustible.

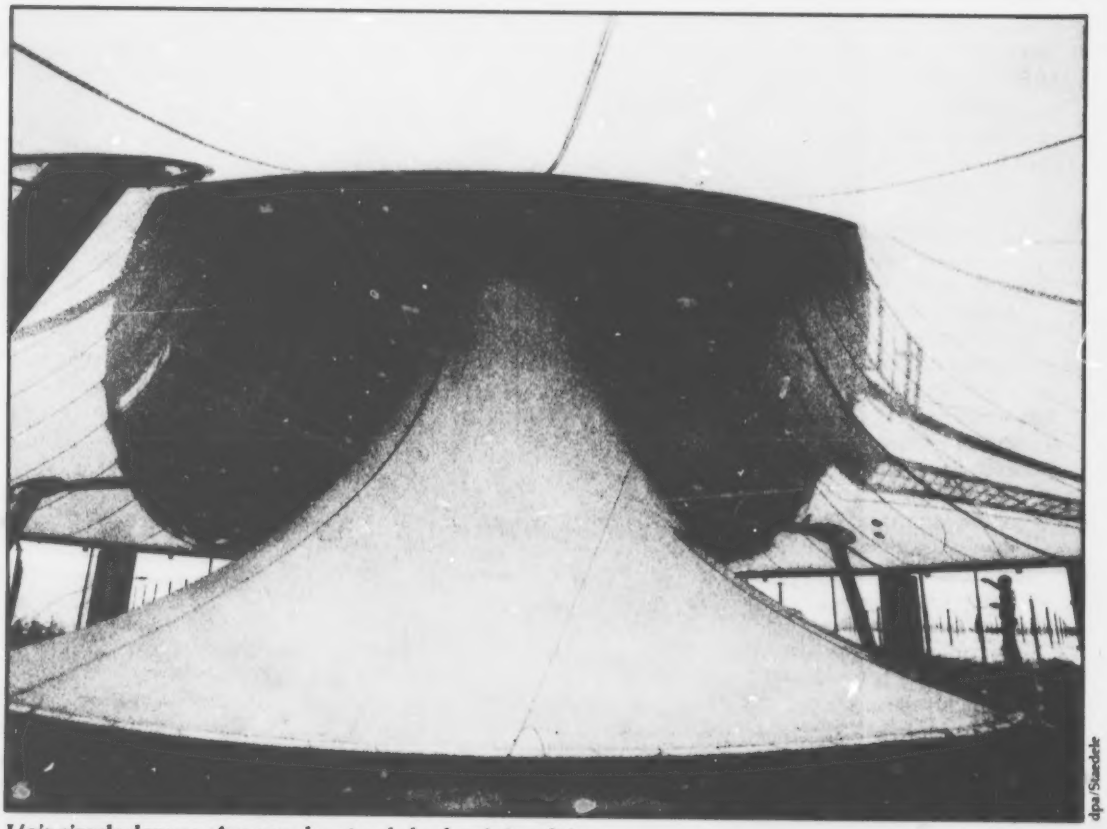
La British Petroleum a sa propre idée en ce qui concerne le rôle de la voile comme propulsion auxiliaire des pétroliers. Essentiellement, il s'agit d'une grande voile ressemblant à un immense cerf-volant, pliée et rangée dans un tube semblable à un canon de fusil, placé sur le pont du navire. Il est relié au moyen d'une corde à un plus petit cerf-volant pilote, rangé dans un lanceur à air comprimé. Propulsé par le lanceur, le cerf-volant pilote s'ouvre, attrape le vent et dévide le cerf-volant principal qui, à son tour, s'envole haut dans le ciel au-dessus du navire, tirant ce dernier au moyen d'un solide câble.

Selon BP, en plus de servir de propulsion auxiliaire pour les pétroliers, le cerf-volant pourrait représenter une plate-forme utile pour l'équipement photographique ou radar. Il pourrait aussi transporter des moniteurs de pollution, des pulvérisateurs de récoltes ou de l'équipement de télécommunication. Ses partisans affirment que, fonctionnant à haute altitude, le cerf-volant a l'avantage de profiter de vents forts et stables. Il serait également facile à ramener à bord et à ranger en cas de tempête.

Une cheminée solaire

La cheminée solaire est une machine éolienne qui fonctionne de façon optimale quand il n'y a aucun vent. A une centaine de kilomètres au sud de Madrid, un prototype de 200 mètres de hauteur, construit par un organisme ouest-allemand, engendre son propre vent grâce à un entonnoir à convection où, sous un revêtement de plastique de 40 000 m^3, se créent de hautes températures de la façon suivante: le soleil chauffe à 20°C au-dessus de la température ambiante, l'air se

trouvant sous une couverture de deux mètres de hauteur, donnant naissance à des vents de plus de 100 km/h qui se précipitent vers le haut de la cheminée et font tourner un rotor à quatre pales et à pas variable installé à huit mètres de la base de la cheminée. L'électricité ainsi produite est transmise au réseau de l'Union Electrica, la commission électrique de la région. La construction du prototype de 40 kW a coûté 1,44 million de dollars U.S. et son facteur d'efficacité est de 80 pour cent. Les concepteurs espèrent mettre au point bientôt un appareil d'une capacité d'un à cinq MW. Ce genre de machine peut se tailler une place dans toute région à haut degré d'ensoleillement où l'espace ne manque pas. On en envisage l'utilisation en Arabie saoudite, au Brésil et en Libye.



dpa/Standele

L'air circule dans ce cône sous le rotor de la cheminée solaire.

Environment Canada

Une plantation énergétique de saules après une année de croissance

La biomasse

Il existe une abondance de biomasse à des fins énergétiques : végétation terrestre, plantes aquatiques et déchets organiques. Mentionnons, entre autres, les arbres, les herbes et les plantes; le varech, la jacinthe d'eau et les algues; les rebuts urbains, les déchets forestiers et le fumier. De fait, l'énergie qu'on pourrait tirer de la quantité nette de biomasse produite en une année sous toutes ses formes équivaut à environ 10 fois plus que les besoins globaux du monde en matière d'énergie. Il n'est donc aucunement étonnant, compte tenu de ce potentiel, que les innovations relatives à l'exploitation de la biomasse soient si nombreuses.

Une «pelouse» d'arbres

La plupart d'entre nous avons entendu parler des plantations énergétiques. Mais des pelouses d'arbres? Il s'agit tout simplement de planter des espèces en rangs très serrés et d'en faire la récolte selon un cycle très court—tous les ans ou même tous les six mois—tout comme si ces arbres étaient des herbes vivaces. En Oregon, on a obtenu des rendements de 25 à 30 tonnes sèches par acre/année avec des «pelouses» de peupliers hybrides. Si l'on peut maintenir de tels rendements dans cette région, les régions à climat tempéré pourraient disposer d'une nouvelle source pratique d'énergie de biomasse à faible coût.

La biomasse aquatique

La jacinthe d'eau représente une culture énergétique de premier plan dans les régions méridionales à longue saison de croissance. C'est une plante fort prolifique, capable d'éliminer les polluants des eaux-vannes et d'être convertie facilement en méthane par digestion anaérobie. Plusieurs projets sont en cours dans divers pays pour mettre au point cette technologie.

Une autre plante dont le potentiel attire l'attention depuis de nombreuses années est le varech brun géant. Son exploitation implique la mise sur pied d'une ferme marine et d'un système de conversion intégrés pour la production de méthane. Des travaux se poursuivent en ce sens au large des côtes de Californie, dans des eaux profondes et riches en éléments nutritifs. Les tempêtes hivernales qui frappent ces endroits ont toutefois suscité des obstacles.

En conséquence, une aire de culture à proximité du rivage, dans une cinquantaine de pieds d'eau seulement, sert actuellement de terrain d'expérience près de l'île de Catalina, en Californie. On recourt à une canalisation pour aller chercher l'eau plus profonde, plus riche en éléments nutritifs. L'un des avantages de l'exploitation de la biomasse aquatique réside dans le fait qu'elle ne concurrence d'aucune façon réelle ou apparente la culture terrestre de produits alimentaires.

Chauffage au bois

La combustion directe est le moyen le plus simple de tirer de l'énergie de la biomasse. Quand le gouvernement canadien a mis en vigueur son programme de remplacement du pétrole pour inciter les propriétaires de maisons à recourir plutôt au gaz, à l'électricité ou au bois, il ne se doutait toutefois pas que la conversion au bois serait si populaire. Entre octobre 1980 et novembre 1983, 104 194 Canadiens ont profité du programme de conversion pour préférer le bois au pétrole, tandis que 201 750 ont recouru au chauffage électrique et 169 990 ont opté pour le gaz.

Avant les années 70, tant au Canada qu'aux États-Unis, les poêles à bois trouvaient de moins en moins d'adeptes. En 1979, cependant, les ventes d'appareils de chauffage à combustible solide atteignaient un milliard de dollars américains aux États-Unis et 100 millions de dollars au Canada. Bien que cet essor ait connu un certain ralentissement, il n'en demeure pas moins que le chiffre

d'affaires de cette industrie atteint encore 60 millions $ au Canada et 500 millions $ aux États-Unis. Le chauffage au bois connaît aussi une popularité appréciable dans d'autres pays : en Suède, il représente huit pour cent de l'énergie totale consommée, et 15 pour cent en Finlande.

Au Canada, le chauffage au moyen de la biomasse représente quatre pour cent de l'énergie totale consommée, en tenant compte des résidus de bois brûlés dans les usines de pâtes et papier.

Combustible de pastilles de bois

Depuis trois ans déjà, la Bioshell Inc., filiale montréalaise de la Shell Canada, fabrique des pastilles de bois raffinées et densifiées à partir de résidus de bois et d'autres matériaux de biomasse en vue d'usages industriels. Forte de cette expérience, la firme envisage maintenant l'introduction de ce combustible sur le marché résidentiel.

La chaudière résidentielle mise au point par la firme Hunter Enterprises, d'Orillia (Ontario), est du type à tarière d'alimentation et à tirage descendant, munie d'un système de précipitation de la cendre et d'échangeurs de chaleur primaires et secondaires. Les pastilles se trouvent sur un lit de combustion; au fur et à mesure qu'elles brûlent et diminuent en taille et en densité, le courant d'air les apporte au précipitateur.

Cinq appareils de démonstration ont été mis en service à Minden (Ontario) pendant l'hiver 1983-1984. Il y a également un appareil en exploitation à Hearst (Ont.) et un à Burlington (Vermont). Les chaudières ont une capacité nominale de 120 000 ou 150 000 BTU/heure.

La firme a déjà des usines à Hearst et Iroquois Falls (Ontario) et à Lac Mégantic (Québec). Chacune produit environ 325 tonnes par jour de ces pastilles de combustible. Elles s'alimentent en résidus de bois et, au besoin, en pastilles de bois pour sécher et fabriquer ce même combustible.

Le fumier

Selon des travaux du Conseil national de recherches, un élevage de porcs d'envergure normale (2000 animaux) pourrait produire suffisamment de méthane pour assurer tout son chauffage, ainsi que ses besoins en énergie pour son électricité et la cuisson. En vertu de ce procédé de digestion microbienne, des bactéries génératrices de méthane se collent à la surface d'une pellicule à l'intérieur du digesteur et y demeurent d'un lot à l'autre. Ainsi, un digesteur de 35 litres peut être rempli deux fois par jour, ce qui accroît le volume quotidien de gaz produit moyennant

General Electric

Un spécialiste en biologie marine examine un varech géant de Californie

une perte minime d'efficacité. La boue qui reste peut servir d'engrais ou de pâture pour les animaux.

Le bétail aussi peut apporter sa contribution. En effet, une ferme de 1070 hectares près de Gettysburg (Pennsylvanie) produit toute son électricité. Le fumier venant des quelque 1000 vaches laitières donne naissance à 1200 mètres cubes de biogaz par jour, tandis que la boue résiduelle sert d'engrais pour les champs. En rinçant le plancher des étables deux fois par jour, on envoie le fumier dans un digesteur anaérobie, dont on draine ensuite l'eau pour la purifier et la recycler en vue des rinçages subséquents. Le biogaz ainsi produit sert à alimenter un moteur à deux sortes de combustibles ainsi qu'une génératrice électrique.

Du méthane tiré des dépotoirs

Dans le secteur de la gazéification biologique de la biomasse, la récupération de méthane dégagé par les dépotoirs municipaux de déchets solides représente une technologie à application commerciale. Plusieurs systèmes fournissent actuellement du gaz à moyenne et à haute teneur énergétique pour des usages locaux. Cette technologie devrait connaître un essor appréciable. On estime, par exemple, qu'il existe 10 000 dépotoirs en exploitation aux États-Unis et la récupération du méthane ne se fait que dans quelques-uns d'entre eux. A Duarte (Californie), la Southern California Edison Co. se propose d'alimenter 3500 foyers en électricité en achetant celle qu'on produit à partir d'un dépotoir du voisinage.

D'autre part, plusieurs procédés de gazéification thermique ont été commercialisés

Vermont Castings Inc.

Un poêle de salon «Vigilant» de Vermont Castings

dernièrement. L'un des plus récents utilise un appareil à soufflage d'air, à tirage ascendant, d'une capacité de 3 tonnes/heure, installé à une chaudière au gaz dans un hôpital de 650 lits à Rome (Géorgie). Ce gazogène est alimenté au moyen de copeaux de bois et pourrait occasionner des économies de 250 000 $ US par année en frais de chauffage.

L'ammoniac

Il existe un autre combustible liquide possible qui ne contribue pas au problème du CO_2 et qui ne pose pas autant de difficultés de confinement que l'hydrogène : c'est l'ammoniac anhydre, un produit chimique utilisé depuis longtemps, qui sert surtout maintenant comme engrais agricole.

Fondamentalement, l'ammoniac peut stocker de l'énergie au même titre que l'hydrogène, mais pour beaucoup moins cher. En outre, l'ammoniac pourrait entrer en service comme véhicule d'énergie d'ici cinq ans, tandis qu'il faudrait attendre environ jusqu'à l'an 2000 dans le cas de l'hydrogène.

Non seulement l'ammoniac est-il infiniment abondant, renouvelable et sans danger pour l'environnement, mais il se prête plus facilement au stockage et au transport, ce qui rend ces opérations moins coûteuses. Les techniques de production de l'ammoniac par électrolyse de l'eau ou réformage à la vapeur du gaz naturel sont bien comprises et largement utilisées dans le secteur industriel. L'ammoniac peut servir à alimenter les moteurs à essence, au diesel ou à turbine. L'Allemagne s'en est servi comme carburant pendant la Deuxième Guerre mondiale. Selon les ententes qui seront conclues au Canada quant au prix de l'énergie, l'ammoniac pourrait servir d'ici cinq ans à produire de l'énergie à environ la moitié du prix prévu de l'essence.

L'ammoniac règle également le problème du stockage et du poids qu'occasionne l'hydrogène; stocké sous forme liquide, l'ammoniac a une densité énergétique supérieure à celle de l'hydrogène stocké sous forme de gaz, de liquide ou d'hydrure métallique.

Les perspectives d'utilisation de l'ammoniac comme carburant pour véhicules automobiles devraient être prometteuses, car les difficultés inhérentes aux autres options—l'ingénierie et l'infrastructure—sont minimes. L'ammoniac se fabrique et se transporte actuellement à peu près partout dans le monde. Dans l'avenir immédiat, son utilisation la plus prometteuse semblerait être pour les parcs de véhicules automobiles. La Canadian Alternative Energy Corporation a récemment conclu une entente de deux ans avec la municipalité de North Bay (Ontario) en vue de la conversion à l'ammoniac de tous les véhicules utilisés par cette localité.

A plus longue échéance (vers le milieu des années 90), l'ammoniac pourrait aussi servir dans les piles à combustible des véhicules électriques.

Protopétrole

A l'Université de la Saskatchewan (Saskatoon), des chercheurs ont fait du progrès dans la mise au point d'un procédé capable de convertir le bois de tremble en une substance connue sous le nom de protopétrole. Combinée à un catalyseur de zéolite, cette substance donne naissance à une essence à haute teneur en octane.

La principale découverte du groupe de la Saskatchewan réside dans le fait que ce procédé peut se faire à des pressions bien inférieures à ce qu'on croyait réalisable. Alors qu'il fallait auparavant une pression de 34 500 kPa pour atteindre un rapport de conversion bois-pétrole de 45 pour cent, le prototype de réacteur actuel peut fonctionner de façon efficace à 13 800 kPa sans réduction du rendement en pétrole.

L'utilisation de pressions moins élevées signifie que les exigences de fabrication des réacteurs sont moins sévères (les parois peuvent être plus minces, par exemple), ce qui occasionne une diminution des frais d'immobilisation. On a obtenu une réduction supplémentaire des coûts en éliminant l'oxyde de carbone du processus de réaction, sans altération apparente de la qualité du produit.

En raison de la faible taille des réacteurs en comparaison des normes de l'industrie, ces appareils sont particulièrement bien adaptés à

une utilisation sur place dans les chantiers de bois, les scieries, les usines de pâtes ou n'importe quelle installation disposant d'un approvisionnement régulier en résidus de bois. Quoiqu'il en soit encore au stade expérimental, le prototype actuel n'en a pas moins fonctionné de façon continue pour des périodes de six à dix heures.

Conversion de méthane en méthanol

Un catalyseur au molybdène qui sert de milieu d'oxydation directe de méthane pour le transformer en méthanol a été mis au point par la Texas A & M University. Ce procédé élimine le besoin du réformage du méthane en gaz de synthèse. Bien que le procédé original utilise du protoxyde d'azote coûteux comme donneur d'oxygène, on peut recourir directement à l'oxygène moyennant une certaine perte d'efficacité. Cette technique pourrait permettre aux producteurs de méthanol de fabriquer, sur demande, un dispositif portatif «d'étirement» de l'essence (gasoline extender) pour remplacer le gaz de méthane, plus difficile à stocker et à utiliser.

De l'éthanol provenant de la cellulose

La découverte qu'une levure, *Candida wickerhamii*, pourrait donner naissance à de l'éthanol à partir de cellodextrines (composés de glucose qui viennent de la décomposition partielle de la cellulose) pourrait simplifier la production d'éthanol à partir de cellulose. Il s'agit en effet d'une aptitude que les levures ordinaires n'ont pas. L'objectif consiste à produire de l'éthanol au moyen de cellulose sans avoir à obtenir de glucose comme intermédiaire. A l'heure actuelle, on obtient le glucose grâce à l'hydrolyse à l'acide. On fait ensuite fermenter le glucose pour en tirer de l'éthanol. Dans le nouveau procédé, *Candida wickerhamii* sert à convertir directement la cellulose en éthanol. Cette technique pourrait donner lieu à une hausse appréciable du rendement d'éthanol par kilogramme de bois utilisé comme combustible.

Production d'éthanol par fermentation

Récemment, le «bilan énergétique» des procédés classiques (fermentation) de production d'éthanol a donné lieu à une controverse considérable. Certains affirment que le procédé complet (à savoir de la cueillette jusqu'au moment du stockage) nécessite plus d'énergie qu'il n'en produit. Bien que ces allégations se révèlent souvent fausses, il n'en demeure pas moins que le procédé classique de fermentation est loin d'être efficace sur le plan énergétique, surtout en raison de l'énergie que consomme l'opération de distillation. Or, un nouveau procédé mis au point par Critical Fluid Systems Inc., de Cambridge (Mass.), qui recourt à des fluides surcritiques (gaz comprimés au point optimal d'extraction des solvants) pour la séparation des liquides, offre une option moins exigeante en matière d'énergie. On saute ainsi par-dessus le procédé de distillation et on peut couper court aux controverses relatives au bilan énergétique.

Le petit-lait, source d'éthanol

L'éthanol vient généralement de matières végétales, par le biais de la fermentation de sucres ou d'amidons. Or, une nouvelle installation en cours de construction à Manteca (Californie), pour le compte de la Fermentec Corporation, transformera environ 230 000 kg par jour de petit-lait venant de deux fromageries des environs, afin de le convertir en éthanol combustible. La production annuelle se chiffrera à 1,5 million de litres d'éthanol anhydre, ainsi qu'une quantité indéterminée de biscuit de fourrage et de protéines liquides pour le bétail.

Auparavant, une de ces fromageries déboursait 2000 $ US par mois pour le transport par camion de son petit-lait jusqu'à un bassin de décantation tandis que certaines firmes doivent y consacrer jusqu'à 20 000 $ US. La Fermentec paye maintenant les fromageries six cents le cent kilos. Pour cette entreprise, ces «résidus» représentent une charge d'alimentation à bas prix et de bonne qualité pour la fermentation.

Le topinambour

Le topinambour, cette plante vivace indigène à l'Amérique du Nord, dont le rendement en alcool par acre est deux fois supérieur à celui du maïs, finira-t-il par devenir une source de combustible sur notre continent?

Compte tenu de sa teneur en sucre de 18 pour cent dans ses tubercules et de 8 à 12 pour cent dans son feuillage, il a un potentiel énergétique considérable. Un hectare de topinambour donne un rendement de 50 à 75 tonnes de tubercules et une quantité équivalente de fanes de deux mètres de hauteur; un fermier peut donc tirer assez de sucre d'une récolte pour obtenir 5680 litres d'alcool l'hectare, c'est-à-dire deux fois plus que le maïs.

La Mohawk Oil, à Minnedosa (Manitoba), s'est efforcée de recueillir des données fiables sur le rendement du topinambour. Elle cultive cette plante depuis trois ans en divers endroits du Canada et prévoit poursuivre ses

recherches pendant deux autres années. La région de culture semble avoir un effet considérable : les climats septentrionaux, plus froids, donnent lieu à des rendements inférieurs.

La Mohawk ne s'intéresse pas à la récolte des tubercules car leur cueillette et leur emmagasinage peuvent se révéler difficiles. La firme concentre plutôt son intérêt sur les fanes.

Agriculture Canada

Inspection de topinambours

Elle en fait la récolte avant que le sucre ne passe dans les tubercules—habituellement deux à trois semaines avant la floraison. En ne récoltant que les fanes, on rend le topinambour vivace : des nouvelles fanes poussent chaque année. Jusqu'ici, les essais ont révélé que la teneur en sucre ne serait pas suffisante pour que les fanes servent à la production d'alcool.

Toutefois, la Mohawk envisage de tirer de l'alcool à partir de la production de cellulose. Dans ce dernier cas, les fanes de topinambour présenteraient un intérêt certain. La Mohawk espère avoir, d'ici 1985, une meilleure idée quant à l'opportunité de poursuivre ses recherches sur le topinambour.

Un autre groupe qui s'intéresse à la commercialisation possible du topinambour est Sudbury 2001, organisme ayant son siège à Sudbury (Ont.). Oeuvrant en collaboration avec la firme French River Fuels, Sudbury 2001 envisage actuellement d'accumuler une réserve et espère avoir quelques acres en culture pendant d'été de 1984. Un petit alambic a été construit et des essais auront lieu au moyen du topinambour afin de déterminer sa capacité de rendement en éthanol. Initialement, 95 pour cent de l'éthanol servira à alimenter de la machinerie agricole.

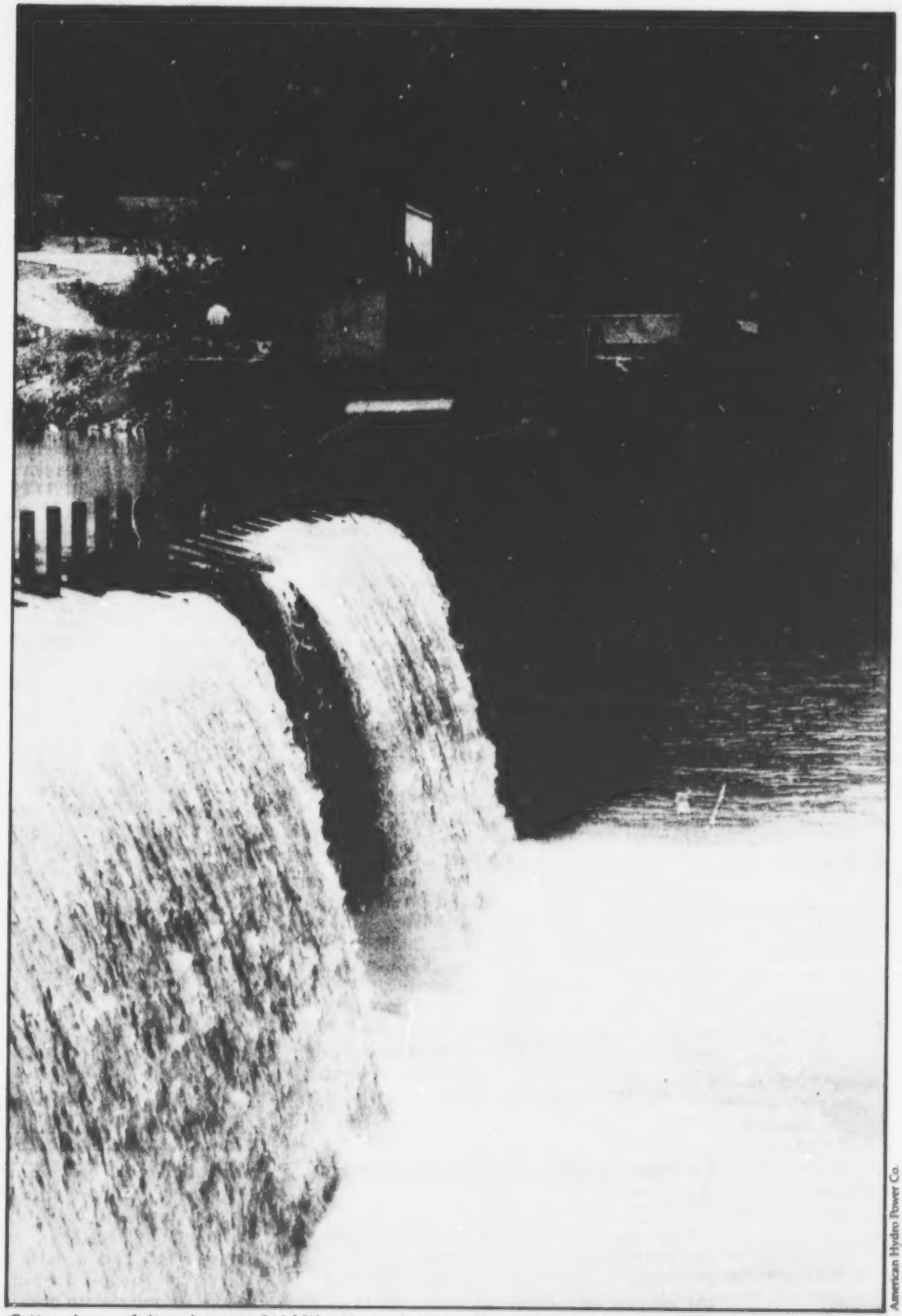
Le combustible à base de pomme de terre

Le groupe Sudbury 2001, tout en maintenant son intérêt envers le topinambour, fait usage d'un autre produit local—quelque 10 tonnes par semaine de pommes de terre «rejetées». En effet, les détaillants locaux n'acceptent que des pommes de terre de 4,5 à 8,25 centimètres de diamètre : toutes les autres sont rejetées. Comme 35 kilos de pommes de terre donnent un litre d'éthanol et qu'il y a beaucoup de terres agricoles en friche dans la région, le groupe 2001 estime que la production d'éthanol peut y avoir un bel avenir, que ce soit à partir de pommes de terre, de topinambour ou même de maïs. Des essais sur les pommes de terre auront lieu pendant l'hiver 1984.

Un avion mû à l'éthanol

Il existe de nombreuses sources d'éthanol, maïs le premier vol trans-américain d'un avion alimenté à l'aide de ce combustible a sûrement battu des records de créativité quant à la provenance de ces hydrates de carbones. En effet, friandises, résidus de fruits, sorgho et maïs ont tous contribué à alimenter en combustible le biplace d'acrobatie Bellanca Decathlon, d'un professeur de l'Université du Texas, qui a traversé les États-Unis de Los Angeles à Washington (D.C.). Au cours de ce vol de 4800 kilomètres, d'une durée de 50 heures, le professeur a recouru à du combustible produit localement à chacune de ses escales en Arizona, au Nouveau-Mexique, au Texas, au Missouri, en Géorgie, en Caroline du Sud, en Caroline du Nord et en Virginie. Le combustible provenait de résidus de friandises au Texas, de résidus d'oranges en Californie et de sorgho cultivé au Nouveau-Mexique. Le pilote, Max Shauck, explique qu'il a décidé d'accomplir cette traversée pour démontrer le potentiel de l'éthanol de production locale comme carburant d'avion, surtout dans l'industrie de l'aviation agricole. Selon lui, l'alcool s'est révélé aussi efficace que le carburant d'avion ordinaire et coûtait un cent de moins le gallon, en dépit du fait que le moteur n'avait subi que des modifications rudimentaires. Il estime que l'éthanol à 180° preuve est tout aussi viable que l'éthanol pur comme combustible d'avion. L'appareil de M. Shauck est mû par un moteur Lycoming de quatre cylindres, 150 h.p., à injection et à rapport de compression modifié de 8,5:1.

L'avion alimenté à l'éthanol, de Max Shauck



American Hydro Power Co.

Cette usine produit maintenant 340 kW après avoir été remise en état par l'American Hydro Power Co. de Philadelphie. Après 30 ans d'inactivité, la centrale dessert maintenant 35 clients résidentiels.

Petites centrales hydroélectriques

Nous connaissons depuis plus de cent ans les principes permettant de harnacher l'énergie d'un courant d'eau rapide ou d'une chute. Or, pendant les années 60 et 70 en Amérique du Nord, d'innombrables petits barrages ont été abandonnés pour faire place à des installations centralisées plus grandes. A cette époque, on estimait que ces micro- ou mini-centrales hydroélectriques n'étaient pas économiquement rentables. Personne n'aurait pu prévoir le regain de vie de ce mode de production pendant les années 80. Des milliers de petites centrales sont maintenant remises en état à travers l'Amérique du Nord et des centaines d'autres sont en voie d'aménagement.

On n'a pas fait d'inventaire précis du potentiel d'aménagement de petites centrales hydroélectriques au Canada, mais l'Ontario et la Colombie-Britannique sont les provinces qui en ont fait l'évaluation la plus précise, à savoir 500 et 1400 MW respectivement. L'Ontario a établi un programme d'aide à la mise en valeur des petites ressources hydrauliques visant à la mise en service, d'ici 1995, de centrales dont la capacité installée totaliserait 100 MW, surtout dans les régions où il se révèle présentement nécessaire d'acheminer par avion du combustible diesel dispendieux. Des travaux se poursuivent à sept endroits dans cette province.

Au cours des 20 dernières années aux États-Unis, on a procédé à la mise hors service de plus de 3000 petites centrales hydroélectriques d'une capacité globalc de quelque 3000 MW. On estime qu'il existe plus de 50 000 barrages de plus de 8 mètres. On peut maintenant trouver de nombreux manuels de construction de petites centrales hydroélectriques à l'intention des gens à l'esprit entreprenant et aventureux. En 1981, des projets de reconstruction totalisant une capacité de production de 10 000 à 20 000 mégawatts étaient en cours, alors que des demandes de permis avaient été formulées pour 20 000 projets dont la mise en chantier donnerait naissance à une capacité de production de 20 000 MW de plus. De fait, le nombre de demandes de permis de construction de petites centrales hydroélectriques augmente si rapidement aux États-Unis qu'on laisse entendre que ce type de centrale pourrait avoir une capacité de production globale aussi élevée que celle des grandes centrales actuelles. De fait, la capacité hydroélectrique dont on a passé commande de 1979 à 1981 aux États-Unis était supérieure à la capacité combinée des centrales nucléaires et au charbon commandées pendant la même période. L'État de New York envisage la mise en service de petites centrales hydroélectriques d'une capacité globale de 2000 à 3000 MW d'ici le milieu des années 1990.

Les Chinois recourent énormément à ce mode de production, tirant plus de 7000 MW grâce à plus de 90 000 mini-centrales hydroélectriques. Cela représente 30 pour cent de la capacité hydroélectrique totale de la Chine. Au nombre des autres pays appuyant l'aménagement de petites centrales hydroélectriques, mentionnons la Suède qui envisage la construction de 250 centrales au début des années 80, de même que la Nouvelle-Zélande qui en compte actuellement 60 et qui en prévoit d'autres.

La turbine hydraulique à axe vertical

Il existe, bien sûr, maints types de turbines hydrauliques. La plus ancienne est la roue à aubes; la roue Pelton, pour sa part, remonte à 1848. L'une des innovations qui suscite le plus d'enthousiasme au cours des dernières années est la turbine hydraulique à axe vertical, petit moulin à eau construit par une firme de Nouvelle-Écosse : cet appareil produit de l'électricité grâce à l'action du courant, sans recourir à un barrage. Turbine à axe vertical qui a l'air d'un moulin à eau immergé reposant sur le côté, le moulin à eau de la Nova Energy Ltd. est monté sous un chaland, ses aubes tournant toujours dans la même direction.

Les concepteurs d'équipement hydraulique classique se sont moqués de cette nouvelle technologie, car le moulin à eau n'a qu'une efficacité de 60 à 70 pour cent, avec un coefficient d'extraction d'énergie de 40 pour cent, alors que les petites installations hydroélectriques classiques atteignent des performances de 90 et 60 à 70 pour cent respectivement. Pour sa part, la firme Nova affirme que l'efficacité ne représente pas une considération primordiale quand on n'a besoin que d'une faible quantité d'énergie et qu'on peut construire une installation de production pour une somme inférieure au kilowatt. De plus, l'équipement Nova est conçu pour fonctionner particulièrement bien avec une faible hauteur de chute—un à deux mètres—ce qui n'est pas toujours le cas des installations classiques.

Le moulin en question est muni de trois aubes de 1,5 mètre et peut produire environ 50 kW d'électricité. Bien qu'il reste encore des pépins à éliminer, ce moulin à eau pourrait non seulement accroître le potentiel d'utilisation des rivières par de petites installations hydroélectriques, mais il pourrait ouvrir de nouveaux horizons quant à la conversion de l'énergie marémotrice.

De fait, la Nova est en train de fabriquer une petite installation marémotrice (d'un à cinq kW) pour le compte du gouvernement de la Nouvelle-Écosse. Elle exécute aussi une étude de faisabilité en collaboration avec la British Columbia Hydro quant à la possibilité de recourir à deux turbines marémotrices pour obtenir une puissance de deux à quatre MW. Enfin, la Nova travaille à la construction d'une installation de 160 kW qui sera incorporée à un barrage.

Des turbines prêtes à fonctionner

Jusqu'ici, l'un des problèmes inhérents aux petites installations hydroélectriques réside dans le fait que presque toutes les commandes sont «faites sur mesure» : il en résulte des délais de livraison trop longs—parfois plus de six mois. Or, la Galt Energy Systems Ltd., de Cambridge (Ontario), a mis au point un système tout d'une pièce qui exige peu d'espace, peu de travail d'installation, une faible hauteur de chute et ne comprend que des composants industriels standardisés. Le délai total de livraison peut être aussi court que dix semaines et le temps d'installation peut se résumer à huit jours.

Il y a de nombreuses autres innovations d'un grand intérêt dans le domaine des petites installations hydroélectriques: elles permettent d'entrevoir maintes nouvelles possibilités qu'on n'aurait pas prises au sérieux il y a cinq ans à peine.

Galt Energy

La turbine de centrale autonome préfabriquée, de Galt Energy

L'énergie des vagues

La conversion du mouvement des vagues en énergie est un sujet d'un intérêt prononcé pour au moins trois pays. En effet, le Royaume-Uni et la Norvège se livrent à des recherches depuis un certain nombre d'années, alors que le Japon vient de terminer une étude sur l'énergie des vagues qui avait débuté en 1978. Le dispositif «Kaimei» de conversion de l'énergie des vagues est ancré au large de la côte nord-ouest du Japon depuis quatre ans et demi, montant et descendant au gré des vagues.

La coque de ce bâtiment, qui ressemble à un gros chaland, est divisée en plusieurs chambres, dont le fond s'ouvre sur la mer. Le niveau de l'eau à l'intérieur de ces «salles de pompage» oscille avec le passage des vagues et l'air déplacé par la crête de la vague est refoulé vers le haut, actionnant une turbine.

L'expérience des quatre dernières années a donné naissance à une somme considérable de connaissances. Alors que les turbines à air du Kaimei 1 étaient munies de pales standard et qu'il fallait des canalisations et tout un ensemble de vannes pour s'assurer que l'air soit acheminé dans la bonne direction, un nouveau concept de turbine est maintenant doté de pales symétriques. Ainsi, quelle que soit la provenance de l'air, la pale tourne toujours dans la même direction, ce qui élimine la nécessité des canalisations et des vannes dispendieuses et complexes.

Bien que la production d'énergie du Kaimei 1 ait été inférieure aux prévisions, le dispositif a été couplé au réseau japonais sans aucun problème subséquent. Les frais de production s'établissaient à environ 1 $ le kWh. Maintenant qu'on en sait beaucoup plus sur les caractéristiques des vagues de la région et qu'on a conçu une nouvelle turbine de 125 kW à rendement supérieur, les Japonais espèrent obtenir l'appui financier de l'Agence

internationale de l'énergie pour mettre sur pied le projet Kaimei 2. On procède actuellement à l'étude des autres dispositifs de conversion de l'énergie des vagues : le Salter Duck, la bouée à air et le redresseur de l'énergie des vagues. Le Salter Duck oscille le long d'un point fixe, extrayant l'énergie d'un mouvement semi-rotatif. La bouée à air recourt au mouvement des vagues pour pomper de grands volumes d'air qui actionnent un ensemble de turbines. Le concept du redresseur de l'énergie des vagues est basé sur deux réservoirs—supérieur et inférieur—reliés par une turbine hydraulique basse chute. Une série de volets rectificateurs placés du côté faisant face aux vagues permet à l'eau de remplir le réservoir supérieur, qui se draine ensuite dans le réservoir inférieur en passant par la turbine à basse chute. Les recherches sur les dispositifs décrits ci-dessus se poursuivent au Royaume-Uni.

Conversion de l'énergie thermique des océans

Non seulement l'océan est-il un bon capteur d'énergie solaire, mais il est également un excellent milieu de stockage. Il y a environ un siècle, dans les années 1880, les Français découvraient que le gradient thermique entre l'eau de surface chauffée par le soleil et l'eau frigide des profondeurs de l'océan pouvait être utilisé pour produire de l'électricité. Et contrairement à maintes autres formes d'énergie renouvelable, la conversion de l'énergie thermique des océans (CETO) peut servir 24 heures par jour pour la production de l'énergie de base, car l'océan ne subit qu'un refroidissement minime la nuit.

Deux types d'installations sont envisagées. La première, à cycle fermé, recourt à la température élevée de l'eau de surface pour provoquer l'évaporation d'un fluide intermédiaire, en général l'ammoniac, créant ainsi la vapeur qui alimentera une turbine. La vapeur est ensuite condensée au moyen de l'eau froide des profondeurs. L'installation à cycle ouvert tire l'eau de surface pour l'envoyer dans un évaporateur où elle est transformée en vapeur en abaissant sa pression. Le sel est déposé et la vapeur sert à actionner une génératrice. Cette vapeur est ensuite condensée, donnant de l'eau douce comme sous-produit. La plupart des systèmes sont installés en haute mer, des câbles de transmission servant à amener l'électricité sur la rive.

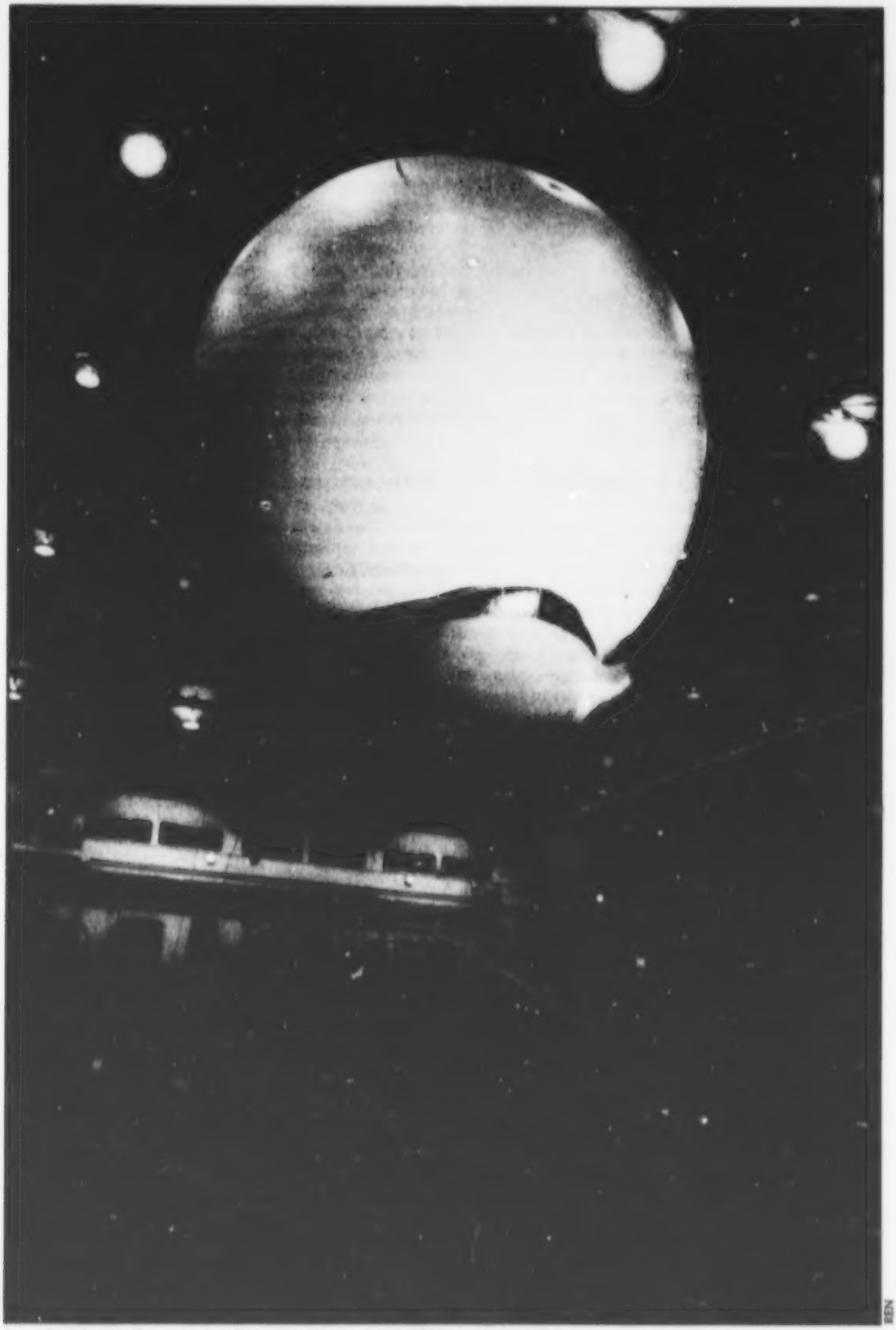
Trois projets CETO se sont déroulés à Hawaï. Mini-CETO, prototype parrainé par l'industrie, était le premier système à cycle fermé en exploitation. Il recourait à une tuyauterie de polyéthylène de 61 centimètres pour aller chercher l'eau froide à une profondeur de 655 mètres. Pendant ses quatre mois d'exploitation, en 1979, le projet mini-CETO a produit approximativement 50 kW d'électricité, dont 35 kW ont servi à l'alimentation du système même.

En 1981, CETO-1, système capable de produire 1 MW et établi par le ministère de l'Industrie des É.-U. à titre de recherche, connu trois mois d'exploitation fructueuse et riche en expérience avant qu'on doive y mettre fin en raison de restrictions budgétaires. La troisième installation d'une certaine envergure est basée sur la terre ferme, amenant l'eau froide des profondeurs de l'océan au moyen d'une canalisation de 1860 mètres.

En mai 1983, le gouvernement américain a octroyé une subvention de cinq millions de dollars à Ocean Thermal Corporation, de New York, dans le cadre d'un contrat à frais partagés pour l'exécution de la phase d'études préliminaires du premier projet CETO d'envergure commerciale.

Ocean Thermal Corporation consacre elle-même la somme de 2,1 millions $ au projet, qui devrait être terminé d'ici novembre 1984. C'est à ce moment qu'Ocean Thermal Corporation se propose d'entamer l'étape de la construction. Le système de 40 MW sera situé sur l'île d'Oahu et produira assez d'électricité pour alimenter 40 000 maisons. Son entrée en service est prévue pour la fin de 1987. Le succès de la conversion de l'énergie thermique des océans pourrait fournir à Hawaï une partie appréciable de son énergie de base, étape importante sur la voie de l'autonomie énergétique.

L'énergie des vagues au Royaume-Uni, un sujet d'une fascination constante



Le véhicule Van Dusen «plus léger que l'air» : l'aube d'une ère nouvelle?

Les dirigeables réapparaissent

Les systèmes de transport aérien «plus légers que l'air» seraient-ils en train de tenter de reprendre leur place dans le marché de l'aviation commerciale? En effet, la perspective d'une puissance de levée accrue (supérieure à celle des hélicoptères) et de frais d'exploitation réduits a donné naissance à la mise au point d'un bon nombre d'aéronefs hybrides tant au Canada qu'aux États-Unis.

Le dirigeable le plus original conçu jusqu'ici est l'œuvre de la firme Van Dusen Ltd., d'Ottawa (Ontario). Plutôt que de recourir à la forme classique du cigare ou de l'œuf, le modèle Van Dusen comporte une enveloppe sphérique qui tourne dans la direction du vol et fournit la poussée. Cette conception tire profit de l'effet aérodynamique de Magnus et accroît la force ascensionnelle. Les moteurs à poussée vectorielle placés de chaque côté de l'enveloppe et au-dessus du fuselage effilé fournissent la commande directionnelle de l'aéronef. La firme estime que son dirigeable est le seul véhicule capable de lever verticalement un poids de 61 tonnes, en comparaison des limites de 15 tonnes des gros hélicoptères, tout en maintenant une consommation de combustible égale à 20 pour cent de celle des hélicoptères utilisés dans le transport lourd. En outre, l'évaluation de son efficacité économique doit se faire en fonction des coûts qu'entraîne la construction de routes ou de pistes d'atterrissage dans les régions éloignées, qui atteignent 630 000 dollars le kilomètre parfois.

Dernièrement, lors des audiences du sous-comité du Sénat américain chargé d'étudier la question des dirigeables, on a pu entendre le témoignage suivant ainsi que des évaluations de la demande du marché: «La réalisation de dirigeables à forte capacité de levée révolutionnerait les industries de la construction et du transport. Cela forcerait tous les concepteurs et fabricants d'équipement de levage lourd à réexaminer tous leurs concepts. La plupart des nouvelles usines recourraient à la construction modulaire. Les produits américains deviendraient plus concurrentiels au pays et à l'étranger.»

Selon la NASA, le marché nord-américain pourrait accueillir environ 1000 de ces dirigeables. Après la mise à l'essai fructueuse de son prototype de 6 mètres de diamètre, la firme Van Dusen oeuvre actuellement à la construction de son premier prototype commercial de 49 mètres de diamètre.

Dans l'intervalle, la firme LTA Systems Inc., de Toronto (Ontario), a vendu deux dirigeables à passagers de quatre millions de dollars à une entreprise de San Antonio (Texas) visant à devenir l'une des premières à offrir un service de transport de passagers par dirigeables. Les véhicules, dont on attend la livraison au printemps de 1984, auront leurs ports d'attache à San Antonio, ainsi qu'à Los Angeles (Californie). Le dirigeable Skyship 600 de la LTA Systems recourt à deux propulseurs à soufflante canalisée mus par des moteurs d'auto Porsche de 200 h.p., montés à l'arrière de la nacelle en fibre de verre laminée pour obtenir une poussée vectorielle à sustentation variable; cette caractéristique permet d'accéder à des endroits que ne pouvaient atteindre que des hélicoptères auparavant.

La société-mère de LTA Systems, Airship Industries Limited de Londres (Angleterre), a également vendu des dirigeables à passagers à une entreprise offrant un service de navette entre les îles grecques, ainsi qu'à une autre entreprise organisant des excursions touristiques au-dessus de Londres.

Pour sa part, le ministère canadien des Pêches et des Océans se propose de participer avec LTA Systems à une évaluation de l'aptitude de son dirigeable à remplacer les navires classiques d'inspection. Un dirigeable Skyship de trois millions de dollars pourrait transporter deux agents inspecteurs et une embarcation d'accostage, alors qu'on utilise à l'heure actuelle un navire de 30 millions $

exigeant un équipage de 50 hommes. Les gouvernements australien, japonais, péruvien, indonésien, indien et brésilien, entre autres, manifestent de l'intérêt envers cette technologie.

Un nouveau prisme éclairant

L'éclairage des immeubles requiert une quantité d'énergie considérable. En outre, l'éclairage classique produit une quantité de chaleur appréciable qu'on doit soit évacuer, soit acheminer vers les systèmes de climatisation, leur imposant ainsi une charge supplémentaire.

Or, une équipe de chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique, à Vancouver, a mis au point un guide-lumière qui semblerait particulièrement apte à transmettre la lumière naturelle «froide» à l'intérieur d'un immeuble commercial, ce qui atténuerait ces problèmes. Ce guide-lumière prismatique, fait d'acrylique moulé de qualité industrielle, est capable d'exploiter les propriétés de réflexion interne totale de la lumière avec une perte aussi faible que 10 pour cent sur une distance de 9 mètres.

Les chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique ont fabriqué un prototype creux de 46 cm sur 46 cm du guide-lumière et l'ont installé à l'intérieur d'un entrepôt à solvants avec des résultats très positifs.

On pourrait donc encastrer le guide-lumière au centre d'un immeuble commercial de 10 étages où il capterait la lumière venant du toit et la transmettrait à chaque étage. La partie infrarouge du spectre lumineux pourrait, au besoin, être stockée comme source de chaleur quand elle atteint le sous-sol. Un système de ce genre offrirait donc la possibilité unique de combiner éclairage et chauffage.

Le facteur critique du succès du guide-lumière est sa forme. Toutes les surfaces internes et externes doivent être soit parallèles, soit perpendiculaires. Les surfaces externes sont inclinées de 45 degrés par rapport aux surfaces internes. Ainsi, la lumière transmise sur le parcours du guide sera constamment retransmise des parois internes aux parois externes, et ainsi de suite. Le phénomène qui en résulte, la réflexion totale, est le même concept qu'on utilise avec succès dans les câbles très efficaces de fibres optiques. Cette technique a un rôle futur très important dans les entrepôts d'explosifs, de solvants ou d'autres matières inflammables où la chaleur doit être soigneusement contrôlée et où il faut éviter la présence de câbles électriques.

Un climatisateur à bloc de glace

Climatiser un immeuble commercial tout l'été au moyen d'un simple bloc de glace? C'est exactement ce qu'espère réaliser le Centre de recherche industrielle de Ste-Foy (Québec) par suite des travaux qu'il a entrepris pour le compte de Travaux publics Canada. Il s'agit de stocker le froid de l'hiver pour atténuer plus tard les chaleurs estivales.

C'est un procédé fort simple. Pendant les mois d'hiver, on construit graduellement un immense bloc de glace à côte d'un immeuble en pulvérisant de fines couches d'eau sur un cube de glace à forte densité renfermé dans une boîte surisolée peu coûteuse. Il suffit de

Le Centre de recherche industrielle

La machine à glace de Ste-Foy pendant la fonte. L'échangeur de chaleur se trouve sous le bloc de glace.

températures de moins 5°C. Puis, durant l'été, l'eau chaude provenant de l'intérieur de l'immeuble est acheminée sur la partie supérieure du cube de glace. Une fois arrivée à la base du cube, l'eau a atteint une température de 0°C. Elle est ensuite renvoyée à l'intérieur de l'immeuble où elle passe dans un échangeur de chaleur: dégagement de froid, puis absorption de la chaleur de l'immeuble. Maintenant réchauffée, l'eau complète le cycle en retournant sur le haut du cube de glace. Les dimensions du cube de glace sont, bien sûr, fonction des besoins en climatisation de l'immeuble. Or, en se basant sur les travaux réalisés jusqu'ici, Travaux publics Canada peut calculer les dimensions que pourrait atteindre un cube de glace dans n'importe quelle région du Canada. Dans les environs de Ste-Foy, par exemple, on a réussi à bâtir un bloc de deux mètres sur deux mètres sur cinq mètres de hauteur au cours de l'hiver de 1982-83, le plus chaud au cours des 30 dernières années. Au cours d'un hiver québecois normal, on estime que le bloc de glace pourrait atteindre environ 6,5 mètres de hauteur.

On a calculé que le concept de la «glacière» pourrait occasionner des économies de 4000 $ par année pour la climatisation d'un immeuble à bureaux hypothétique de 10 000 mètres carrés à Ottawa. De même, une glacière de 12 m sur 15 m sur 6 m, d'une valeur de 210 000 $, appuyée par un système d'appoint classique de dimensions réduites, reviendrait moins cher qu'un refroidisseur classique.

Le système sera bientôt prêt à être commercialisé et c'est une entreprise privée qui s'en chargera. Les propriétaires d'immeubles qui envisagent de remplacer leur système de climatisation actuel alimenté au mazout trouveront peut-être avantageux de les laisser en place comme système d'appoint aux blocs de glace!

Plus au sud, là où les hivers ne sont pas aussi froids de façon constante, on peut exploiter de pareilles idées en recourant à des thermopompes. On pourrait appeler ce procédé «chauffage aux cubes de glace». Une thermopompe eau-air, par exemple, qui tire la chaleur d'un réservoir d'eau pour chauffer un immeuble, pourrait avoir créé à la fin de l'hiver un bloc de glace dont on pourrait se servir pour la climatisation pendant l'été (voir la section suivante).

Le plus grand «étang glacé» des États-Unis servira pendant l'été de 1984 à réduire la consommation d'électricité requise pour la climatisation du nouvel édifice de la compagnie d'assurances Prudentielle, à Princeton. Au cours des essais réalisés pendant l'été de 1983, le mélange glace-neige fondante a réussi à refroidir ce nouvel immeuble à bureaux de trois étages, d'une surface de 12 000 mètres carrés, en plus de fournir le refroidissement nécessaire à un système de climatisation ordinaire en utilisant seulement 10 pour cent de l'électricité requise par les systèmes classiques.

La glace fondante (sloche) créée pendant l'hiver est stockée dans un bassin recouvert d'un dome isolé. Pendant l'été, on pompe cette eau glaciale dans le système de refroidissement ordinaire de l'immeuble. Une fois qu'elle a absorbé la chaleur du bâtiment, on retourne l'eau au bassin où elle se refroidit à nouveau. Cette idée est une innovation du Princeton University Center for Energy and Environmental Studies.

Le volant accumulateur d'énergie

Imaginez qu'il soit possible de recueillir et de stocker l'énergie perdue pendant le freinage d'un véhicule de façon si efficace qu'on puisse mettre complètement au rencart les accumulateurs au plomb! Les ingénieurs affirment que cette nouvelle technologie pourrait donner au volant (pas celui de la direction, mais celui qui sert à régulariser la vitesse du moteur) une capacité de stockage jusqu'à trois fois supérieure à celle des accumulateurs au plomb. En outre, les volants n'ont pas de fuites et sont pratiquement inusables. Tous ces facteurs ont incité la Division ballistique de la firme française Aérospatiale à se lancer dans le domaine de la technologie avancée des volants. A l'heure actuelle, cette entreprise s'occupe de la mise au point de systèmes de contrôle et de stockage d'énergie pour les satellites de télédétection aérospatiale. Ce système incorporerait trois paires de volants, l'une pour le réglage de l'altitude, l'autre pour la commande et l'autre pour le stockage de l'énergie. Cette énergie viendrait des piles solaires du satellite.

Dans l'intervalle, la technologie spatiale de cette firme sert à des usages plus terre à terre. A l'intérieur d'une chambre à vide située sous un petit central téléphonique, à l'ouest de Paris, un volant tourne à 12 000 tours/minute, prêt à fournir trois kilowatts d'électricité sans interruption pendant 20 minutes en cas de panne du réseau d'alimentation principale. Un autre des volants d'Aérospatiale servira bientôt de source d'électricité de secours pour un centre d'informatique.

L'Aérospatiale favorise la fabrication des volants au moyen de matériaux mixtes pour réduire le poids au minimum. Néanmoins, les Lawrence Livermore Labs, de Californie, ont éprouvé des difficultés avec les matériaux mixtes, notamment leur tendance à se désintégrer à haute vitesse. D'autres estiment que l'acier laminé est le matériau à utiliser dans la conception des volants. Comme les vitesses d'exploitation des volants perfectionnés atteignent des milliers de tours/minute (en

comparaison de quelques centaines de tours/minute pour les volants classiques), le matériau de construction subit des contraintes énormes pour un poids donné.

Le stockage d'énergie

Un nouveau type d'accumulateur au plomb vient d'être conçu par le Gould Research Center grâce à un programme du ministère de l'énergie des États-Unis. Sa capacité est de 100 ampères/heure, c'est-à-dire plus de deux fois supérieure à celle des accumulateurs de poids comparable qu'on trouve sur le marché, et il peut résister aux décharges prononcées qu'exigent les applications photovoltaïques. Des essais réalisés au Sandia Laboratory, à Albuquerque (Nouveau-Mexique), révèlent que cet accumulateur pourrait avoir une vie de cinq à sept ans. Il ne contient aucun électrolyte libre, car ce dernier est absorbé par les séparateurs très poreux qui divisent les électrodes. On prévient l'accumulation d'oxygène en permettant au gaz de passer rapidement de l'électrode positive à l'électrode négative, où il se trouve réduit. Ce cycle élimine également à peu près toute fuite d'eau de l'accumulateur.

D'autre part, un nouvel accumulateur rechargeable vient d'être mis au point par la firme Eltra Corp., filiale d'Allied Corp., de Morristown (New Jersey). Au lieu d'électrodes métalliques, il est doté d'électrodes de plastique—soit de polyacétylène ou de polyphénylène—qui une fois immergées dans un électrolyte inorganique, peuvent produire dix fois plus d'énergie qu'un accumulateur classique au plomb. Le nouvel accumulateur en est à ses premiers stades de mise au point et sa mise sur le marché définitive pourrait exiger cinq à dix ans encore.

L'Alcan du Canada travaille également à la mise au point d'une pile d'un type nouveau. Appelée pile à combustible aluminium-air, elle produit de l'électricité par la simple altération des cellules d'aluminium dans l'eau salée ou douce. En se basant sur les essais préliminaires, l'Alcan estime pouvoir produire 200 watts/heure par livre au moyen d'un ensemble de 60 piles à combustible d'un poids total de 227 kilos, alors qu'un accumulateur ordinaire a une capacité de 66 à 198 watts/heure par kilo. Une telle grappe de piles à combustible suffirait à alimenter une voiture ordinaire à cinq passagers pendant 3000 kilomètres à une vitesse moyenne de 90 km/h. Il faudrait ajouter de l'eau tous les 500 km et changer les plaques d'aluminium tous les 3000 km, comme un véhicule automobile à combustible fossile doit subir une vidange de l'huile. Évidemment, les 60 piles à combustible remplaceraient le moteur classique. Alcan travaille actuellement à la mise au point de meilleurs alliages pour la fabrication des plaques des piles à combustible, afin d'accroître le parcours possible entre les remplacements. Au nombre des applications plus immédiates de ce produit, mentionnons son utilisation dans les bouées de navigation.

La zéolite

La zéolite est une substance granulaire d'un brun pâle, qui se rencontre dans la roche volcanique. Si vous la prenez et que vous soufflez dessus, la zéolite s'échauffera très rapidement, trop peut-être pour la garder en main. L'énergie qui a été emmagasinée efficacement dans les granules se trouve tout-à-coup libérée par l'humidité de votre souffle. Quand on l'expose à l'eau, la zéolite dégage de la chaleur à des températures atteignant 175°C.

Jusqu'à ces derniers temps, on utilisait la zéolite comme tamis moléculaire dans les usines de production de gaz, ainsi que comme ingrédient dans les détersifs sans phosphates. La zéolite peut également adoucir l'eau dure, purifier le sucre et concentrer le minerai d'uranium. On la trouve en abondance dans toutes les régions du monde, partout où eau salée et cendres volcaniques ont eu une interaction. Son avantage principal est de pouvoir, en présence d'eau douce, dégager et emmagasiner continuellement de l'énergie selon un cycle pratiquement sans fin. Or, on a récemment étudié de nouvelles applications pour ce minéral—l'une concernant la production de chaleur, l'autre relative à la climatisation.

Si l'on place de la zéolite dans un réservoir isolé, de concert avec un échangeur de chaleur, un thermostat, un microprocesseur, un ventilateur et un humidificateur, on peut ainsi réaliser un système de chauffage résidentiel. C'est le projet auquel s'attaque présentement la firme Wood's Solar Systems Ltd., de Calgary (Alberta). Bien que personne au Canada n'ait manifesté de l'intérêt envers la commercialisation de ces chaudières, la firme a réussi à obtenir un financement du secteur privé et à s'assurer un réseau de distribution aux États-Unis quand son modèle d'essai définitif sera terminé.

Pour sa part, la Zeopower Co., de Natick (Mass.), a conçu un réfrigérateur solaire recourant à la zéolite et à la vapeur d'eau pour remplacer le fréon dans un circuit fermé. On procède actuellement à sa mise en marché partout dans le monde.

Si ces systèmes réussissent à gagner la faveur du consommateur, le pétrole se trouvera aux prises avec un nouveau concurrent dynamique et virtuellement inépuisable.

Cellules à combustible

Le rôle de la cellule à combustible comme producteur d'électricité a été illustré de façon spectaculaire au cours de la mission spatiale de Gemini. Maintenant, après 19 années de raffinements, la première génératrice à cellules à combustible de démonstration, assez puissante pour servir au niveau commercial (4,8 MW), devrait être en pleine exploitation. Construite par la Consolidated Edison de New York, avec comme partenaires le ministère de l'Énergie des États-Unis, l'Electric Power Research Institute et d'autres établissements, cette installation devrait être plus efficace que les meilleures centrales au charbon munies d'épurateurs d'air. Les cellules à combustible convertissent l'hydrogène directement en électricité. L'hydrogène provient de la réaction produite entre le combustible—on recourt actuellement à du naphte ou du gaz naturel—et de la vapeur en présence d'un catalyseur. Le combustible de départ de l'avenir pourrait venir de sources renouvelables.

Les installations de production d'électricité au moyen de cellules à combustible sont faites à partir de pièces modulaires relativement petites. Elles peuvent être réalisées en un an environ, ce qui permet d'économiser des frais d'intérêt sur les immobilisations et facilite la planification des commissions d'électricité. Elles peuvent réagir aux fluctuations de la demande d'énergie, passant de la position d'attente à celle de pleine capacité en 15 secondes à peine. Si tout se déroule selon les prévisions, les coûts d'immobilisation des modèles subséquents devraient baisser bien en-dessous de 660 $ US (de 1982) par kilowatt installé. Dans une étude réalisée pour le compte de l'Electric Power Institute, le Fuel Cell Users Group a estimé que les cellules à combustible pourraient fournir jusqu'à 45 000 MW d'électricité aux États-Unis d'ici l'an 2005.

L'énergie géothermique

Bien qu'il ne s'agisse pas—à strictement parler—d'une forme renouvelable, l'énergie géothermique a fait l'objet d'une attention considérable au cours des dernières années à titre d'option possible dans toute la gamme des formes d'énergie. Les applications géothermiques les plus connues au monde se trouvent à Reykjavik (Islande). Or, plusieurs usines géothermiques de grande envergure sont maintenant en voie de réalisation dans la «Imperial Valley» de Californie, au sud de Salton Sea.

L'un des projets, le Niland, est parrainé par Republic Geothermal Inc. et Parsons Corporation de Pasadena. La première phase commerciale de Niland est prévue pour le début de 1986 et fournira 25 MW d'électricité au réseau de la Southern California Edison. La phase 2 se concrétisera par l'accroissement de la capacité de production de l'usine géothermique à 49 MW, ce qui occasionnera des économies calculées de 20 barils de pétrole au cours des 30 années de vie utile de l'installation. Cette usine de 34 millions de dollars sera la seule aux États-Unis à recourir à l'eau bouillante plutôt qu'à de la vapeur.

L'usine Heber, réalisation de 125 millions $, est une centrale géothermique de 47 MW construite dans la même région afin de fournir de l'électricité à quelque 45 000 foyers. Sa mise en service est prévue pour 1985. L'usine Heber utilisera de la saumure vaporisée pour alimenter une turbine. L'entreprise Chevron Geothermal Co., filiale de Standard Oil, a déjà foré plusieurs puits de 600 à 3000 mètres pour exploiter ce réservoir. La Southern California Edison achètera l'électricité en vertu d'une entente de 30 ans.

Selon la U.S. Geological Survey (l'équivalent d'Énergie, Mines et Ressources Canada), la région de Salton Sea, exploitée présentement par les États-Unis et le Mexique, contient l'équivalent en énergie de 1,5 milliard de barils de pétrole.

Deux projets menés en Scandinavie laissent entrevoir que l'énergie géothermique pourrait donner un essor aux grandes installations à thermopompes. Tant en Suède qu'au Danemark, des ingénieurs oeuvrent à des programmes visant à l'utilisation conjointe de l'énergie géothermique et des thermopompes. En Suède, on a extrait de l'eau à 25°C d'une profondeur de 700 mètres. On espère qu'une thermopompe pourrait hausser suffisamment la température pour obtenir de l'énergie en vue du chauffage de districts municipaux.

Installation géothermique de production de vapeur et d'électricité de la Pacific Gas and Electric Company, au nord de San Francisco

L'énergie solaire passive représente l'une des nombreuses façons d'accroître le rendement énergétique dans les immeubles résidentiels.

Chauffage solaire passif

Les systèmes solaires passifs se sont révélés beaucoup plus simples et efficaces qu'on ne le prévoyait. Même dans des climats qu'on pourrait qualifier de défavorables au point de vue ensoleillement, les travaux de rattrapage et de nouvelle construction solaires sont entrepris au rythme de plusieurs centaines de milliers par année en Amérique du Nord. Chaque année nous apporte la commercialisation de nouveaux matériaux comme les isolants transparents et les vitres réfléchissant la chaleur, ainsi que l'introduction de nouvelles techniques de construction. D'ici 1986, 25% des nouvelles maisons unifamiliales aux États-Unis devraient être dotées d'un certain équipement solaire passif.

Vitrage

Il existe maintenant un vitrage expérimental vitre-plastique-argon, mis au point en Allemagne, qui a une valeur R de 19, à savoir l'équivalent de cinq centimètres de mousse. Le Massachusetts Institute of Technology de Boston se livre à une expérience semblable au moyen de verre. On recourt à du vitrage double à haute valeur isolante et à du carrelage à plancher contenant des sels eutectiques afin de permettre le stockage de la chaleur. On remplit d'argon l'espace entre les deux couches de vitrage et on applique une pellicule transparente d'oxyde de cuivre et d'étain à la paroi externe de la vitre intérieure pour qu'elle reflète la chaleur. Ces innovations réussissent, de concert, à réduire grandement les pertes calorifiques.

Pendant des journées nuageuses de mars 1982, une maison solaire d'essai dont les quatre côtés étaient exclusivement en verre avait une température intérieure moyenne de 12°C supérieure à celle de l'extérieur. Cette moyenne se maintenait au bout d'une année pourvu que la longueur de la journée soit de 10 à 13 heures. Cependant, du 21 novembre au 21 janvier, les journées étaient trop courtes pour des résultats positifs. Le remplissage à l'argon de l'espace entre les parois du vitrage double n'est disponible qu'en Europe pour le moment, mais même sans ce gaz, le vitrage à pellicule d'oxyde a une valeur R de 5—deux fois plus que le vitrage double classique pour 13,00 $ U.S. de plus le mètre carré. Ce produit est beaucoup moins cher que le vitrage triple et, de fait, élimine la nécessité d'isolement mobile. Le matériau est actuellement mis sur le marché par au moins deux entreprises américaines.

A l'heure actuelle, il existe plus de 500 000 bâtiments solaires passifs aux États-Unis: dans la moitié des cas, on a simplement adjoint des serres ou on a recouru à d'autres techniques de rattrapage avec des bâtiments déjà construits.

Immeubles à faible consommation d'énergie

Le «surisolement» est, lui aussi, une innovation en quelque sorte. Imaginez des maisons de Saskatoon, où la température tombe souvent à moins 30°C pendant un mois consécutif, dont le système de chauffage (de la grosseur d'un panier à pique-nique environ) n'exige pas plus d'électricité que quatre grille-pain! Pourtant, il y a des maisons semblables.

Le même scénario peut s'appliquer aux immeubles commerciaux au Canada. Il n'est aucunement obligatoire d'installer un système de chauffage classique dans quelqu'immeuble à bureaux que ce soit. On peut en effet récupérer suffisamment de chaleur à partir de l'éclairage, de la présence humaine, de la chaleur résiduelle provenant des ascenseurs et des machines de bureau pour éliminer la nécessité d'installer une chaudière. C'est ce qu'on peut voir dans un immeuble de Calgary (Alberta). L'édifice Gulf Canada Square n'est muni d'aucun système de chauffage et, pourtant, possède plus de chaleur qu'il n'en faut pour tout l'immeuble. A-t-on idée des conséquences de l'existence de bâtiments de ce genre sur la croissance de la demande d'énergie?

De fait, certains spécialistes prévoient que les recherches menées présentement, dont l'efficacité sera rehaussée par le perfectionnement des méthodes de collecte de l'information et par la simulation par modèles d'ordinateur, aboutiront d'ici 1990 à la mise au point d'immeubles qui seront des producteurs nets d'énergie. Il se pourrait bien qu'aux États-Unis, du moins, l'énergie solaire passive prenne le pas sur les méthodes actives et gagne la faveur des constructeurs pour le chauffage des locaux, l'éclairage et peut-être même la climatisation. On prévoit qu'aux débuts des années 1990, les nouvelles technologies solaires passives comprendront la pose de vitrage et de revêtement qu'on peut régler électroniquement afin qu'ils admettent ou rejettent sélectivement de l'énergie. On s'attend également à ce que se fasse la mise au point de systèmes de stockage d'énergie à changement de phase, d'une efficacité et d'une fiabilité croissantes, ainsi que de systèmes à fibres optiques capables de transmettre la lumière du jour vers la partie centrale des immeubles. De fait, le chef de l'atelier photovoltaïque du ministère de l'Énergie des États-Unis affirme que l'efficacité grandissante des immeubles à installations solaires passives augmente fortement la probabilité qu'on puisse alimenter complètement une résidence en électricité au moyen de cellules solaires installées sur une toiture inclinée vers le sud.

Au Canada, un programme de recherche et de développement à plusieurs facettes est en cours afin de raffermir la situation du pays comme chef de file dans le domaine de la technologie des immeubles à faible consommation d'énergie. Sous l'impulsion du Conseil national de recherches du Canada, le secteur résidentiel du programme est axé sur la mise au point de la super-fenêtre. A l'heure actuelle, environ 30 pour cent des pertes calorifiques d'une maison se font par les fenêtres. En ce qui concerne les immeubles non résidentiels, le CNRC concentre ses efforts sur l'intégration de systèmes hybrides passifs aux systèmes architecturaux, structuraux et mécaniques de l'immeuble. En outre, le CNRC porte son attention sur des systèmes de vitrage réglables (capables d'admettre ou de bloquer diverses parties du spectre solaire) et sur l'optimisation de l'éclairage naturel.

Le CNRC consacrera environ 3,7 millions de dollars à la mise au point de produits relatifs à sa super-fenêtre et 1,8 million à celle des vitrages réglables au cours des cinq prochaines années. Le budget global qu'il entend affecter au secteur solaire passif au cours de la période allant de 1984 à 1989 s'établit à 11,6 millions de dollars—dans le seul but de mettre au point une technologie capable de donner naissance à des économies d'énergie considérables. De fait, le CNRC se propose de tripler, ou mieux encore, les performances de la technologie actuelle.

Échangeurs de chaleur

Sous des climats extrêmement froids où l'isolement est plus important que la présence de fenêtres laissant pénétrer la chaleur—bien que le nouveau vitrage permettrait d'installer de grandes surfaces vitrées même à des maisons du nord de la Saskatchewan—le nombre de changements d'air horaires qui s'imposerait pour assurer la présence d'air frais à l'intérieur cause bon nombre de préoccupations. C'est dans cette optique que les innovateurs ont mis au point un échangeur de chaleur air-air—méthode utilisée pour faire entrer de l'air frais sans la perte calorifique concomitante qu'on constate dans les maisons ordinaires. L'air frais et froid qu'on tire de l'extérieur passe au-dessus de l'air chaud qu'on évacue; il est ainsi préchauffé avant d'être distribué à travers la maison. La commercialisation de cette technologie

Les maisons à haute efficacité énergétique de Saskatchewan occasionnent des frais de chauffage inférieurs à 300 $ par année

s'accélère au fur et à mesure que ses coûts fléchissent et que les ouvriers spécialisés se font plus nombreux. Environ 5000 échangeurs de chaleur ont été installés au Canada en 1983.

Les nouvelles thermopompes

Le concept de la thermopompe n'a rien de neuf. Pour plus de 1,5 million de foyers américains, la thermopompe représente des économies moyennes de 20 pour cent des frais de fonctionnement des systèmes classiques de chauffage et de climatisation.

Le principe de fonctionnement des réfrigérateurs, des climatiseurs et des thermopompes est exactement le même et bon nombre des composants de ces appareils sont identiques. Il ne faut qu'une petite quantité d'électricité pour actionner le compresseur d'une thermopompe et son ventilateur : elle fournit donc beaucoup plus d'énergie qu'elle n'en consomme.

Ce bilan énergétique positif est dû, en grande partie, au fait que la chaleur d'une thermopompe ne provient pas de l'électricité qu'elle consomme, mais bien du vaste réservoir thermique de l'air ou du sol. Toutefois, le rapport entre la chaleur fournie et la valeur calorifique de l'électricité consommée par la pompe même (coefficient de rendement, CR) est habituellement de 2 à 2,5 (3,5 si le réservoir thermique est la nappe phréatique). Bien qu'il s'agisse d'un meilleur CR que celui du chauffage à résistance électrique, qui est habituellement de 1, et que celui des chaudières au mazout et au gaz, qui varie de 0,65 à 0,95, un CR de 3,5 est loin de la limite maximale d'efficacité d'une thermopompe quand on recourt à un appoint solaire. En surélevant la température du réfrigérant avant qu'il n'entre dans le condenseur, on peut atteindre un CR de 7.

L'innovation la plus récente dans le domaine des thermopompes est le recours à des lits de chlorure de calcium pour le stockage de la chaleur. En hiver, la chaleur de l'air extérieur est utilisée pour amener du méthanol liquide au point d'ébullition. La vapeur est envoyée au lit chimique où elle se combine au chlorure de calcium, dégageant de la chaleur pour le chauffage des locaux et de l'eau. En été, la pompe transfère la chaleur de l'intérieur des locaux au lit chimique, dégageant du méthanol liquide. Bien que cette méthode en soit encore au stade expérimental, on affirme que son CR est de 25!

Selon l'Airconditioning and Refrigeration Institute de Washington (D.C.), 517 000 thermopompes ont été installées aux États-Unis pendant les 10 premiers mois de 1983—une hausse de 74 pour cent par rapport à la même période de 1982. Quand les thermopompes deviendront plus répandues, elles imposeront une charge de pointe accrue aux réseaux électriques. Il faut donc trouver des moyens autres que l'électricité pour alimenter les thermopompes.

Le réfrigérateur

Votre réfrigérateur est le plus gros consommateur d'électricité de tous vos appareils ménagers. De fait, au cours de 1981, les réfrigérateurs ont consommé 17 000 MW d'électricité aux États-Unis, à savoir sept pour cent de la consommation nationale. Quel gaspillage! Les réfrigérateurs nord-américains sont mal conçus et installés de façon inefficace. Comme le faisait remarquer l'un des critiques, «le moteur se trouve en dessous, ce qui signifie que la chaleur monte directement vers la nourriture. La moitié de l'énergie dépensée par le réfrigérateur est donc gaspillée à éliminer la chaleur de son propre moteur. En outre, soucieux d'accroître la capacité de stockage sans augmenter les dimensions extérieures de l'appareil, les fabricants ont réduit l'isolement. On a aussi muni le refrigérateur de réchauffeurs électriques intermittents pour éliminer le givre. Enfin, pour couronner le tout, on installe souvent le réfrigérateur juste à côté du la cuisinière ou du lave-vaiselle : aussitôt que ces derniers se mettent en marche, le réfrigérateur en fait de même.»

De fait, un réfrigérateur bien conçu donnera les mêmes résultats qu'un réfrigérateur inefficace, mais exigera six fois moins d'énergie. Bien qu'on ait fait certains efforts en Amérique du Nord pour rendre cet appareil plus efficace, c'est bien peu en comparaison de ce qui se réalise au Japon. Depuis 1975, la consommation d'énergie au litre des réfrigérateurs japonais a fléchi de plus de 50 pour cent. Bien que l'appareil oriental soit plus cher de 300 $ U.S. que son équivalent américain, la différence de prix disparaîtrait pour un consommateur payant sept cents le kWh pour son électricité. Non seulement les appareils ménagers à faible consommation d'énergie permettent-ils au consommateur de réaliser des économies, mais ils réduisent également le besoin qu'ont les producteurs d'électricité d'accroître sans cesse leur capacité de production.

Selon les prévisions actuelles, il y aura environ 80 millions de nouveaux réfrigérateurs en usage aux États-Unis dans 20 ans. En réduisant la consommation d'énergie du modèle moyen de 1300 kWh/an à 400 (en incluant les gros et les petits modèles), on économiserait 10 000 mégawatts d'électricité de crête. Or, pour fournir cette puissance aux consommateurs, il faudrait construire assez de centrales pour produire 16 500 MW

d'électricité, compte tenu du rendement habituel de 65 pour cent et des pertes se produisant sur les lignes de transport d'électricité. L'installation d'une telle capacité de production reviendrait à 50 milliards de dollars de 1981, sans compter les frais d'exploitation des centrales.

L'efficacité énergétique

A bien des points de vue, l'efficacité énergétique n'est rien de plus que le résultat d'une ingénierie bien pensée. Des techniques comme la récupération de la chaleur, la production combinée ou les modifications chimiques à des procédés industriels sont bien connues et aident à économiser l'énergie depuis plusieurs années. Malheureusement, il y a encore beaucoup d'usines qui ne recourent pas à ces simples techniques, avec le gaspillage que cela comporte. Par contre, l'installation de moteurs efficaces ou de systèmes de récupération de l'énergie a permis à certaines entreprises de réaliser des économies considérables. Il en a été de même pour la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication d'une unité d'un produit.

En 1975 voyait le jour un groupe de travail industrie-gouvernement en matière de conservation d'énergie. Seize groupes représentant les principaux secteurs industriels et totalisant environ 80 pour cent des dépenses d'énergie par le secteur industriel, se sont fixé des objectifs d'efficacité énergétique (réduction de l'intensité d'utilisation de l'énergie) pour 1980 et 1985 par rapport à une année repère—1972 dans la plupart des cas. Le tableau ci-dessous résume les résultats atteints jusqu'ici par les groupes :

% d'amélioration de l'efficacité énergétique

	Objectif de 1980	Progrès en 1980	Objectif de 1985
Produits chimiques	17,0	22,4	31,0
Indust. électrique et électronique	15,0	20,3	20,0
Équipement agric. et industriel	15,0	10,8	-
Métaux ferreux	3,3	4,7	7,1
Aliments et boissons	15,0	20,4	23,5
Fabrication générale	-	(0,3)	12,5
Minéraux industriels	10,0	11,3	16,9
Machinerie	15,0	19,4	22,0
Mines et métallurgie	5,8	7,4	15,0
Raffinage du pétrole	17,0	18,0	25,0
Plastiques	-	17,4	15,1
Pâtes et papiers	12,0	17,2	30,0
Textiles	11,0	12,3	25,0
Équipement de transport	15,0	8,6	25,4
Produits du bois	-	17,5	15,0
TOTAUX DES GROUPES	12,0	15,4	23,0

L'ampleur et le rythme de réalisation des améliorations en matière d'efficacité énergétique peuvent varier considérablement d'un groupe à l'autre. Le niveau de production, la situation économique de l'industrie, les procédés et les caractéristiques d'exploitation, la disponibilité ou le coût des mesures de conversion et le niveau d'efficacité énergétique déjà atteint sont au nombre des facteurs aptes à influer sur les objectifs et le progrès.

C'est dans l'industrie des produits chimiques que s'est produite l'innovation la plus frappante en matière d'économies d'énergie. En général, la distillation comporte la séparation des produits chimiques au moyen de chaleur. Or, on a découvert que la séparation des molécules de certains composés chimiques peut se faire mécaniquement, à savoir grâce à des tamis mécaniques. Ce procédé ne nécessite aucune chaleur et a entraîné une économie de 90 pour cent de l'énergie employée dans le procédé. Une autre innovation ayant occasionné des économies d'énergie porte sur le stockage de liquides, comme les huiles végétales ou les produits à base de pétrole, qui doivent être gardés au chaud pendant l'hiver. Habituellement, ces liquides sont stockés dans des réservoirs extérieurs non isolés : un brûleur ou un autre mécanisme de chauffage placé dans le fond du réservoir empêche le liquide de tomber sous le point de congélation. Or, on a constaté que certains de ces liquides sont déjà chauffés par un procédé industriel avant d'être déversés dans le réservoir : il suffirait donc d'isoler le réservoir pour réduire de 50 à 100 pour cent la demande d'énergie. Souvent, les liquides peuvent à eux seuls fournir assez de chaleur pour les préserver du gel jusqu'au moment où ils seront de nouveau remis en circuit dans le procédé.

De nombreuses autres améliorations sont réalisables au moyen de simples techniques de rattrapage. L'industrie de l'épicerie signalait dernièrement, par exemple, que les 31 entreprises de transformation des aliments qui participent à ses sondages ont réalisé depuis 1972 une hausse d'efficacité énergétique de 17,4 pour cent. On attribue cette amélioration au recyclage de la chaleur des procédés et à d'autres méthodes de récupération; à l'augmentation du rendement et du débit de production; à l'amélioration des méthodes internes; à l'entretien poussé de l'équipement; à des programmes de sensibilisation des employés; au remplacement d'équipement vétuste par de l'appareillage plus moderne et plus efficace; à la réduction du chauffage et de la réfrigération; etc.

De fait, il n'est pas essentiel de mettre en oeuvre des innovations techniques : il suffit d'adopter une stratégie d'optimalisation des

coûts. Bon nombre d'occasions se retrouvent non pas dans le secteur de la technologie de pointe, mais bien dans la mise en oeuvre de mesures bien simples et bien pensées.

Selon une étude financée conjointement par Énergie, Mines et Ressources Canada, Environnement Canada, ainsi qu'Approvisionnements et Services Canada, il serait techniquement possible et rentable d'assurer le fonctionnement de l'économie canadienne en utilisant 12 pour cent de moins d'énergie en l'an 2025 qu'il n'en faut aujourd'hui, tout en haussant à 77 pour cent (en comparaison de 16 pour cent) le rôle des énergies renouvelables. L'étude de deux ans, qui a coûté 180 000 $, estime que cet objectif est réalisable car, en l'an 2025, nous serons (ou pourrions être) quatre fois plus efficaces dans nos façons d'utiliser l'énergie que nous ne le sommes actuellement.

En outre, l'étude affirme que l'objectif de 77 pour cent pour les énergies renouvelables est à notre portée «sans recourir aux terres arables pour des plantations énergétiques, sans aménager des sites hydroélectriques controversés, sans exploiter le pétrole ni le gaz de l'Arctique, sans construire d'autres centrales nucléaires et en réduisant le recours au charbon.» Les auteurs de l'étude font ressortir que c'est la première fois qu'un rapport de cette envergure est réalisé en tenant compte des distinctions régionales en matière d'offre, de demande et de traditions. La Nouvelle-Écosse, par exemple, ne dispose d'aucun surplus de terres boisées dont elle pourrait tirer une production d'éthanol appréciable. Par contre, la Colombie-Britannique est dotée d'une industrie forestière énorme, donnant naissance à tant de résidus forestiers qu'on pourrait en tirer suffisamment d'éthanol pour alimenter toute la province. Si on établissait des moyennes nationales, on obscurcirait ces différences critiques—essentielles à une bonne planification de la politique de l'énergie.

L'apport positif de plusieurs des innovations décrites ici se fera surtout sentir par l'emploi plus efficace de l'énergie qu'elles permettent. C'est de cette façon qu'elles contribueront à accroître la disponibilité globale de l'énergie.

Remerciements

C'est en 1981 que la documentation initiale devant servir à la production du présent ouvrage a été recueillie. Une révision et une mise à jour ont ensuite eu lieu en mars 1983, suivies d'une dernière mise à jour préliminaire à la publication, en décembre 1983. Nous tenons à donner crédit aux revues suivantes pour leur contribution :

Alternative Sources of Energy
Chemical and Engineering News
Energy Magazine
IEEE Spectrum
New Scientist
New Shelter
Renewable Energy News
Science
Science Digest
Science News
Soft Energy Notes
Solar Age
Technology Review

Nous tenons également à remercier le personnel des organismes suivants pour le temps qu'il nous ont consacré lors d'entrevues téléphoniques:

Air Conditioning and Refrigeration Institute—Washington (D.C.)
Alcan Aluminium Ltée—Montréal (Québec)
Allen, Drerup, White—Toronto (Ontario)
Bio-shell Inc.—Montréal (Québec)
Critical Fluid Systems Inc.—Cambridge (Mass.)
Energie, Mines et Ressources Canada—Ottawa (Ontario)
Galt Energy Systems Ltd.—Cambridge (Ontario)
Harvest Fuel Ltd.—Toronto (Ontario)
Heery Energy Consultants Inc.—Atlanta (Géorgie)
Hunter Enterprises—Orillia (Ontario)
Le Centre de recherche industrielle—Ste-Foy (Québec)
Le Centre de recherches pour le développement international—Ottawa (Ontario)
Massachusetts Institute of Technology—Boston (Mass.)
Mohawk Oil—Minnedosa (Manitoba)
Le Conseil national de recherches du Canada—Ottawa (Ontario)
Nova Energy Ltd.—Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Ocean Thermal Corporation—New-York (New-York)
Travaux publics Canada—Ottawa (Ontario)
Renewable Energy News—Ottawa (Ontario) ; Washington (D.C.)
La Banque Royale du Canada—Toronto (Ontario)
Ryerson Polytechnical Institute—Toronto (Ontario)
Spectrol Engineering Ltd.—Toronto (Ontario)
Sudbury 2001—Sudbury (Ontario)
University of New Mexico—Albuquerque (Nouveau-Mexique)
Van Dusen Commercial Development (Canada) Ltd.—Ottawa (Ontario)
Wellsdale Research Ltd.—St. Albert (Alberta)

Nous tenons à remercier également Renewable Energy News, Ottawa, de nous avoir gracieusement donné accès à leur photothèque.